

PRO_SAP



Via Garibaldi, 90 - 44121 Ferrara (FE) Tel. +39 0532 200091 - info@2si.it



Manuale dell'utente



Release: Aprile 2019

©Copyright 2S.I. Software e Servizi per l'ingegneria S.r.I. tutti i diritti riservati.

I programmi, la documentazione e gli allegati (siano essi file, disegni o altro) sono soggetti alle clausole contenute nella licenza d'uso del software PRO_SAP. Il loro utilizzo comporta l'accettazione del contratto di licenza d'uso del software PRO_SAP.

Sommario

Manuale dell'utente	
PRO_SAP1	
Guida rapida dei comandi1	
Guida rapida dei comandi1	
Capitolo 11	
Generalità1	
 Progettazione della struttura Modellazione della struttura Proprietà dei nodi Proprietà degli elementi monodimensionali (D2) Elementi tipo Beam, Truss e Cable Proprietà degli elementi bidimensionali (D3) di tipo membrana Elementi D3 di tipo Shell Proprietà degli elementi tridimensionali (solidi) Proprietà degli elementi solaio e balcone Proprietà degli elementi pannello Elementi Boundary Elementi Matrice di rigidezza Assegnazione delle proprietà ai nodi ed agli elementi strutturali Determinazione dello stato tenso-deformativo della struttura Progettazione e verifica degli elementi strutturali Il menù dei comandi di contesto 	23
 Generazione della relazione Il disegno degli esecutivi 13 	
Capitolo 2	
Primi passi	
Come avviare PRO_SAP 2	
 Informazioni in linea Manuale dell'utente Note legali Informazioni su PRO_SAP 2 	
 Verifica installazione Inserimento codici dsi L'interfaccia di PRO_SAP Il menu File 	
La barra di accesso rapido	
I pannelli Preferenze Opzioni elementi	

Interfaccia in lingua	7
Finestra principale	7
Grafica avanzata	7
Uso colori	7
Numerazioni	8
Normative	9
Unità di misura	9
Tolleranze	10
Formati tabelle	11
Gestione dei modelli	11
Salvataggio automatico	11
Salvataggio di un modello e uscita da PRO_SAP	11
Esempi guidati	1
Esercitazioni guidate all'uso di PRO_SAP	1
Esempio guidato 1 – Introduzione all'uso di PPO SAP	2
Modellazione di un telaio in cemento	<u>د</u> ح
Modellazione del vano ascensore	
Modellazione di una scala elicoidale	/ Q
 Esempio guidato 2 - Progetto di un telaio tridimensionale in cemento armato 	2
Normative utilizzate	2
Definizione degli archivi	2
Definizione dell'archivio dei materiali	4
Modellazione della struttura	5
Generazione del telaio	5
Assegnazione delle proprietà agli elementi strutturali	5
Controllo dati struttura	8
Definizione dei casi di carico	9
Definizione dei carichi generici	11
Esecuzione delle analisi	16
Controllo dei risultati delle analisi	17
Definizione dei criteri di progetto	19
Esecuzione della progettazione	20
Generazione degli esecutivi – Carpenterie di piano	22
Controllo degli esecutivi	24
Generazione della relazione di calcolo	24
 Esempio Guidato 3 - Progetto di una struttura in acciaio 	2
Normative utilizzate	2
Definizione degli archivi	2
Definizione dell'archivio dei materiali	4
Controllo dati struttura	8
Assegnazione dei carichi alla struttura	9
Definizione dei casi di carico	9
Definizione dei carichi generici	9
Esecuzione delle analisi	
Controllo dei risultati delle analisi	
Definizione dei criteri di progetto	
Esecuzione della progettazione	14
Per le strutture in acciaio è possibile sfruttare i moduli di PDO SAD per il progetto de	
collegamenti tra i vari elementi strutturali	15
Generazione degli esecutivi – Carpenterie	15
Generazione degli esecutivi – Piastra di base	17
Generazione della relazione di calcolo	
Esempio guidato 4 - Verifica sismica di un edificio in muratura	2
	-

Normative utilizzate	2
Definizione dei criteri di progetto	3
Modellazione della struttura	3
Importazione dell'architettonico	3
Generazione degli elementi strutturali	4
Assegnazione dei vincoli alla struttura	7
Assegnazione dei criteri di progetto	7
Generazione del cordolo	8
Definizione degli elementi solaio	8
Assegnazione dei carichi alla struttura	13
Definizione dei casi di carico	
Esecuzione delle analisi	
Generazione della relazione di calcolo	
Ecompio quidato E. Vorifica di una conortura in logno	=ະ ວ
Nermetive utilizzete	2
Normative utilizzate	Z 7
Assegnazione dei carichi alla struttura	5 F
	5 C
Definizione dei carichi generici	6
Definizione dei criteri di progetto	
Esecuzione della progettazione	10
Generazione degli esecutivi – Nodi legno	11
Generazione della relazione di calcolo	12
Esempio guidato 6 - Analisi dell'interazione terreno-struttura	2
Normative utilizzate	2
Definizione degli archivi	2
Definizione della stratigrafia	2
Impostazioni per il calcolo delle fondazioni superficiali	4
Calcolo della costante elastica di Winkler	4
Esecuzione delle analisi	5
Controllo dei risultati delle analisi	5
Verifiche di portanza	6
Calcolo dei cedimenti	8
Esempio guidato 7 - Verifica di un edificio esistente	2
Definizione dei casi di carico	2
Definizione dei carichi generici	<u>г</u> Д
Esecuzione delle analisi	 Ω
Assognazione degli schomi di armatura	0
Assegnazione della verifiaba	10
Controlle delle verificile	10
Controllo di accettazione della nalisi lineare	10
Controllo dei risultati delle verificne	
Esempio guidato 8 - Verifica di resistenza al fuoco di un edificio in cemento	armato 2
Definizione dei criteri di progetto	3
Esecuzione delle analisi	5
Progettazione degli elementi strutturali	5
Esecuzione delle verifiche di resistenza al fuoco	5
Controllo dei risultati delle verifiche di resistenza al fuoco	5
Esempio quidato 9 – Modellazione tridimensionale con elementi solidi	2
Modellazione della struttura	2
Geometria	
Impostazione del riferimento	
Prima di procedere alla generazione degli elementi strutturali è necessario indicar	ele
caratteristiche da assegnare agli elementi. Questo viene fatto con il comando <i>Sett</i> riferimento Solidi	<i>a</i> ► <i>Setta</i>

Generazione dei nodi e della mesh tridimensionale	3
Capitolo 3	9
Introduzione dati: gestione degli archivi	9
Gestione degli archivi	11
Importazione degli archivi	11
Eliminazione degli archivi	11
Eliminazione degli archivi Costione dell'orchivio dello sozioni	11
Gestione dell'archivio delle sezioni	11
La cartella Sezioni generiche	IZ
La cartella Sezione assegnata con dati	14 17
La cartella Profili accondiati	19
La cartella Dati sezione	
La cartella Armatura trasversale	20
La cartella Armatura longitudinale	20
La cartella Soletta cis	
La cartella Progetto acciaio	
La cartella Verifica acciaio	23
Utilizzo di Section Maker	27
Cestione dell'archivio dei materiali	27
Materiale comento armato	57 41
Materiale acciaio	
Materiale muratura	42
Materiale legno	
Materiale generico	
Cestione dell'archivio delle fondazioni	44
Fondazioni superficiali	45
Fondazioni su pali	48
Utilizzo del Modulo geotecnico.	
Cestione della tabella fili fissi	52
Costione dell'archivia carichi Salai a Conortura	52
Cestione dell'archivio canchi Solare Coperture	55
Gestione dell'archivio isolatori	57
Gestione dell'archivio Pannelli XLAM	59
Gestione dell'archivio interventi di consolidamento	59
Rinforzi di travi e pilastri con camicie in acciaio	
Rinforzi FRP cemento armato	
	62
Capitolo 4	1
Introduzione dati: generazione del modello della struttura	1
Generazione del modello della struttura	2
 Modellazione della struttura mediante introduzione dei nodi 	3
Barra per la generazione dei nodi	
 Modellazione della struttura mediante introduzione degli elementi 	7
Barra per la generazione degli elementi D2	,
Barra per la generazione degli elementi D3	
 Modellazione della struttura modianto utilizzo doi conoratori 	16
Modellazione della su utura mediante utilizzo del generatori Cenerazione di una capriata	10 17
Generazione di un telaio	
Generazione di una piastra	18
Generazione di un guscio	
	·····

	Generazione di un arco	20
	Generazione di una parete con foro ad arco	21
	Generazione di aperture in muri	21
	Generazione di muri e telai	22
	Generazione di una cupola geodetica	23
•	Modellazione della struttura mediante importazione di un disegno	23
	Utilizzo di file DXF	24
	Proprietà del disegno DXF	24
	Importazione di file DXF	24
	Utilizzo del disegno per la generazione automatica di nodi ed elementi della struttur	a25
	Impostazioni per la generazione delle mesh	26
	Utilizzo del disegno per la generazione automatica dell'archivio dei fili fissi	26
•	Modellazione della struttura mediante l'importazione di dati	26
•	Il pannello degli strumenti di selezione	27
Capito	olo 5	1
Introc	luzione dati medifica del medello della struttura	,
Introc	duzione dati. Modifica dei modello della struttura	I
•	Modifica del modello della struttura	2
•	Scorciatoie da tastiera	2
•	Uso dei comandi Annulla, Ripristina, Taglia, Copia, Incolla, Cancella	2
•	Comandi di modifica degli oggetti	3
•	Modifica della geometria di strutture ottenute con generatori automatici	6
•	Il menù Modifica	6
•	Macro-strutture	7
	Selezione del solutore	8
	Comandi avanzati	8
	Non lineare	10
	Aiuto per BIM	10
	Aiuto per rotazione travi	11
	Svincoli TTRC	11
	Aiuto per carichi solidi e D3	12
	Importa/Esporta archivi CSV	12
	Trasformazioni	13
	Piani sezione	13
	Importa/Esporta sottostruttura	14
	Importa elementi finiti	14
	Stato elementi	14
	Trova	14
Capito	olo 6	1
Introc	duzione dati: Assegnazione delle proprietà agli oggetti	1
•	Assegnazione delle proprietà agli oggetti	2
•	Proprietà dei nodi della struttura	2
•	Proprietà degli elementi D2	3
-	Proprietà degli elementi D3	- 8
•	Dronrietà degli elementi Solidi	9
•	Proprietà degli elementi Solici	9
•		ש כו
•	Dennizione dei merimento con le proprieta di un oggetto	12
•	Modifica delle proprieta di un oggetto	12
٠	Copia delle proprietà di un oggetto	12

Capitolo 7	1
Controllo del modello della struttura, rinumerazione degli oggetti e risoluzio problemi	ne 1
 Controllo del modello della struttura, dei carichi applicati e risoluzione prob Check dati struttura - Messaggi di errore	lemi 2 2
Capitolo 8	1
Assegnazione carichi: modellazione dei carichi agenti sulla struttura	1
 Modellazione dei carichi agenti sulla struttura Definizione dei casi di carico Casi di carico: aiuti Casi di carico automatici Casi di carico non automatici Casi di carico semi-automatici Analisi sismica secondo D.M. 17 gennaio 2018 Definizione dello spettro di risposta 	2 2 3 4 5 5 6 8
Risposta sismica locale	13
 Analisi sismica secondo D.M. 14 Gennaio 2008 Definizione dello spettro di risposta Risposta sismica locale 	14 16 21
 Analisi sismica secondo D.M. 16 gennaio 1996 Definizione dello spettro di risposta 	22 22
Analisi sismica secondo Ordinanza 3274 Definizione dello spettro di risposta	23 24
 Analisi sismica secondo UNI EN 1998-1:2005 – EC 8 Definizione dello spettro di risposta 	28 28
Definizione dei carichi generici Utilizzo del Carico variabile generale per la definizione delle masse sismiche	31 37
 Applicazione dei carichi generici alla struttura Applicazione della spinta dovuta al terreno Applicazione automatica del carico della spinta del terreno agli elementi pannello Applicazione automatica del carico da vento agli elementi pannello e D3 Applicazione dei carichi agli elementi solidi 	39 41 e D3 41 42 43
Importa azioni da file	44
Importa/Esporta reazioni vincolari	45
Uso dei Casi di carico esterni (Fasi costruttive)	46
Visualizzazione dei carichi applicati alla struttura	47
Definizione delle combinazioni di carico Generazione automatica delle combinazioni di calcolo Importazione delle combinazioni da file	48 49 51
Il menu Modifica	52
Macro-strutture	
Selezione del solutore	
Comandi avanzati	55
Aiuto per carico Solidi e D3	58

Trova 58 Cestione delle opzioni di contesto 58 Capitolo 9. 1 Visualizzazione risultati 1 • Barra dei risultati 2 • Controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto della struttura 3 • Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo nodo 15 • Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D2 16 • Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3 17 • I comandi di gestione delle analisi avanzate: il menu Comandi avanzati 18 • Analisi per stori di carico 22 • Il menu delle Opzioni sollecitazioni 23 Capitolo 10 1 Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 • Definizione dei criteri di progetto 2 • Assegnazione del criteri di progetto 2 • Assegnazione del criteri di progetto 5 • Travi acciaio 9 • Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 • Progettazione con DM 17/01/2018 4 • Selezione della rormativa 4 • Inpostazione dei criteri di progetto 5 • Progettazione ci sutrute	Importa/Esporta archivi CSV	58
 Cestione delle opzioni di contesto Capitolo 9. Visualizzazione risultati Barra dei risultati Controllo dei risultati Controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto della struttura Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D2. Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3. Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3. Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3. Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3. Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3. I comandi di gestione delle analisi avanzate: il menu Comandi avanzati Media azioni D3. Usa valori assoluti. Analisi avarzete. Media azioni D3. Usa valori assoluti. Analisi per storia di carico Il menu delle Opzioni sollecitazioni Capitolo 10. Progettazione elementi strutturali in acciaio Progettazione elementi strutturali in caciaio Progettazione elementi strutturali nacciaio Assegnazione dei criteri di progetto agli elementi strutturali Esecuzione progettazione Progettazione dei criteri di progetto agli elementi strutturali Esecuzione dei eriteri di progetto Stravi acciaio. Progettazione dei si ungnezze libere di inflesione. Progettazione dei sezioni. Controllo dei risultati della progettazione Controllo dei risultati della progettazione elementi. Casificazione dei sezioni. Selezione della normativa. Progettazione con DM 17/01/2018 Progettazione dei criteri di progetto. Progettazione dei sezioni. Controllo dei risultati d	Trova	58
Capitolo 9	Gestione delle opzioni di contesto	58
Visualizzazione risultati 1 • Barra dei risultati 2 • Controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto della struttura 15 • Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D2 16 • Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3 17 • I comandi di gestione delle analisi avanzate: il menu Comandi avanzati 18 • Analisi avanzate. 18 • Media azioni D3 21 • Usa valori assoluti 22 • I menu delle Opzioni sollecitazioni 23 Capitolo 10 1 Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 • Definizione dei criteri di progetto 2 • Definizione dei criteri di progetto 2 • Assegnazione del criteri di progetto 2 • Progettazione on DM T/0/1/2018 4 • Selezione della normativa 4 • Impostazione dei criteri di progetto 5 • Travi acciaio 9 • Progettazione con DM T/0/1/2018 4 • Selezione della normativa 10 • Progettazione con DM T/0/1/2018 10 • Aste acciaio 9	Capitolo 9	1
 Bara dei risultati Controllo dei risultati i alti alt	Visualizzazione risultati	1
Controllo dei risultati Controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto della struttura Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo nodo	Barra dei risultati	2
Controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto della struttura Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D2	Controllo dei risultati	- 3
Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo nodo	Controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto della struttura	15
Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D2	Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo nodo	
Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3	Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D2	16
 I comandi di gestione delle analisi avanzate: il menu Comandi avanzati Analisi avanzte	Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3	17
Analisi avanzate. 18 Media azioni D3 21 Usa valori assoluti 21 • Analisi per storia di carico 22 Importa/Esporta dati da file CSV 22 • Il menu delle Opzioni sollecitazioni 23 Capitolo 10 1 Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 • Definizione dei criteri di progetto 2 • Assegnazione del criteri di progetto agli elementi strutturali 3 • Esecuzione progettazione 3 • Progettazione con DM 17/01/2018 4 • Selezione della normativa 4 Impostazione dei criteri di progetto 5 • Priagettazione dei criteri di progetto 5 • Progettazione dei criteri di progetto 5 • Progettazione dei criteri di progetto 5 • Priagita acciaio 6 • Asta acciaio 9 • Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 9 • Progettazione dei strutture disipative 10 • Verifiche previste sugli elementi in acciaio 17 • Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 • Progettazion	I comandi di gestione delle analisi avanzate: il menu Comandi avanzati	18
Media azioni D3 21 Usa valori assoluti. 21 Usa valori assoluti. 21 Importa/Esporta dati da file CSV. 22 Ill menu delle Opzioni sollecitazioni 23 Capitolo 10 23 Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 Assegnazione dei criteri di progetto agli elementi strutturali 3 Esecuzione progettazione 3 Progettazione dei criteri di progetto agli elementi strutturali 3 Esecuzione progettazione 3 Progettazione dei criteri di progetto 2 Impostazione dei criteri di progetto 5 Travi acciaio 5 Progettazione dei criteri di progetto 5 Travi acciaio 5 Progettazione dei riteri di progetto 5 Pravi acciaio 6 Aste acciaio 9 Progettazione di strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 10 Classificazione delle sozioni 11 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15	Analisi avanzate	
Usa valori assoluti. 21 • Analisi per storia di carico 22 Importa/Esporta dati da file CSV. 22 • Il menu delle Opzioni sollecitazioni 23 Capitolo 10 1 Progettazione elementi strutturali in acciaio 1 • Definizione dei criteri di progetto 2 • Assegnazione del criteri di progetto agli elementi strutturali 3 • Esecuzione progettazione 3 • Progettazione dei criteri di progetto. 4 Selezione della normativa 4 Impostazione dei criteri di progetto. 5 Travi acciaio 6 Aste acciaio 9 Richami di teoria: lunghezze libere di inflessione. 9 Progettazione del strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 10 Classificazione della normativa 11 Controllo dei risultati della progettazione elativi ad un singolo elemento 15 • Progettazione con DM 14/01/2008 17 · Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 · Classificazione delle arogettazione relativi ad un singolo elemento 15 • Progettazione con DM 14/01/2008	Media azioni D3	21
 Analisi per storia di carico Importa/Esporta dati da file CSV	Usa valori assoluti	21
Importa/Esporta dati da file CSV. 22 Ill menu delle Opzioni sollecitazioni 23 Capitolo 10 1 Progettazione elementi strutturali in acciaio 1 Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 Assegnazione del criteri di progetto agli elementi strutturali 3 Esecuzione progettazione 3 Progettazione con DM 17/01/2018 4 Selezione della normativa 4 Impostazione dei criteri di progetto 5 Prilastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 9 Progettazione dei strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 10 Classificazione della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Impostazione del criteri di progettazione 17 Impostazione dei criteri di progettazione <	Analisi per storia di carico	22
• Il menu delle Opzioni sollecitazioni 23 Capitolo 10 1 Progettazione elementi strutturali in acciaio 1 • Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 • Definizione dei criteri di progetto 2 • Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali 3 • Esecuzione progettazione 3 • Progettazione con DM 17/01/2018 4 Selezione della normativa 4 Impostazione dei criteri di progetto 5 Pilastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 9 Progettazione della sezioni 10 Classificazione delle sezioni 11 Controllo dei risultati della progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione 15 • Progettazione dei criteri di progetto 17 Impostazione dei la progettazione 17 Impostazione dei la normativa 17 Impostazione dei la normativa 17 Impostazione dei la progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione 17 Verifiche previste	Importa/Esporta dati da file CSV	22
Capitolo 10 1 Progettazione elementi strutturali in acciaio 1 • Progettazione dei criteri di progetto 2 • Assegnazione dei criteri di progetto agli elementi strutturali 3 • Esecuzione progettazione 3 • Progettazione con DM 17/01/2018 4 Selezione dei anormativa 4 Impostazione dei criteri di progetto 5 Travi acciaio 5 Pilastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 9 Progettazione dei strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 11 Controllo dei risultati della progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione dei criteri di progetto 17 Impostazione dei con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei risultati della progettazione 18 Controllo dei risultati della progettazione 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 17 Impostazione deio criteri di progetto 17	Il menu delle Opzioni sollecitazioni	23
Progettazione elementi strutturali in acciaio 1 • Progettazione del criteri di progetto 2 • Assegnazione del criteri di progetto agli elementi strutturali 3 • Esecuzione progettazione 3 • Progettazione con DM 17/01/2018 4 selezione della normativa 4 Impostazione dei criteri di progetto 5 Travi acciaio 5 Pilastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 9 Progettazione dei strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 10 Classificazione della sezioni 11 Controllo dei risultati della progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 • Progettazione dei criteri di progetto 17 Impostazione dei criteri di progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione 17 Impostazione dei criteri di progettazione 17 Impostazione dei criteri di progettazione 17 Impostazione dei risultati della progettazione 17 Verifiche previste	Capitolo 10	1
Progettazione elementi strutturali in acciaio 2 Definizione dei criteri di progetto 2 Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali 3 Esecuzione progettazione 3 Progettazione con DM 17/01/2018 4 Selezione della normativa 4 Impostazione dei criteri di progetto 5 Travi acciaio 5 Plastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 9 Progettazione delle sezioni 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 11 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione dele criteri di progetto 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione 17 Impostazione dele sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione 12<	Progettazione elementi strutturali in acciaio	1
 Progettazione elementi strutturali na acciaio Definizione dei criteri oli progetto agli elementi strutturali Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali Esecuzione progettazione Progettazione con DM 17/01/2018 Selezione della normativa Harvi acciaio Fravi acciaio Aste acciaio Progettazione di teoria: lunghezze libere di inflessione Progettazione delle sezioni Classificazione delle sezioni Progettazione della progettazione Progettazione delle sezioni Controllo dei risultati della progetto Selezione della normativa Inpostazione delle ropettazione Progettazione della progettazione Progettazione con DM 14/01/2008 Progettazione delle ropettazione Progettazione delle ropettazione Progettazione delle normativa Inpostazione delle ropettazione Progettazione delle normativa Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) Selezione della normativa Progettazione della normativa Progettazione delle ropettazione Progettazione della normativa Selezione della normativa Progettazione della ropettazione Progettazione dei strutture dissipative Progettazione delle ropettazione Selezione della normativa Selezione della normativa Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) Selezione della normativa Progettazione dei criteri di progetto Progettazione dei criteri di progetto Progettazione dei criteri di progetto Selezione della normativa Selezione della normativa Selezione della normativa Selezione della normativa Selezione della normati		
 Definizione del criteri di progetto Assegnazione del criteri di progetto agli elementi strutturali Esecuzione progettazione Progettazione con DM 17/01/2018 Selezione della normativa Impostazione dei criteri di progetto Travi acciaio Pilastri acciaio Aste acciaio Progettazione di strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio Controllo dei risultati della progetto Selezione della normativa 17 Selezione delle normativa 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 9 Progettazione delle sezioni 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 11 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione delle sezioni 17 Selezione della normativa 17 Classificazione delle sezioni 17 Classificazione delle sezioni 17 Classificazione della progetto 17 Selezione della normativa 17 Classificazione della progetto 17 Classificazione della progettazione 18 Controllo dei risultati della progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione 23 Selezione della normativa 23 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 Controllo dei risultati della progettazione 26 	Progettazione elementi strutturali in accialo	2
 Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali Esecuzione progettazione Progettazione con DM 17/01/2018 Selezione della normativa Impostazione dei criteri di progetto Travi acciaio Fravi acciaio Pilastri acciaio Aste acciaio Progettazione di strutture dissipative Nergettazione delle sezioni Classificazione della progettazione Progettazione della progettazione Progettazione della progettazione Progettazione della sezioni Classificazione della progettazione Progettazione della normativa Inpostazione della progettazione Progettazione della normativa Progettazione della progettazione Progettazione della progettazione Progettazione della normativa Progettazione della progettazione Progettazione della normativa Progettazione della normativa Progettazione della normativa Progettazione della no	Definizione dei criteri di progetto	2
 Esecuzione progettazione Progettazione con DM 17/01/2018 Selezione della normativa Impostazione dei criteri di progetto 5 Travi acciaio 5 Pilastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 99 Progettazione deile sezioni 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 11 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione deile risultati della progettazione 17 Selezione della normativa 17 Impostazione deile risultati della progettazione 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Inpostazione deile risultati della progettazione 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Inpostazione deile criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Inpostazione delle sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Verifiche previste sugli elementi na cciaio. 23 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione di strutture dissipative 24 Impostazione di itrutture dissipative 24 Impostazione di criteri di progetto 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 25 Controllo dei risultati della progettazione 26 	Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali	3
 Progettazione con DM 17/01/2018 Selezione della normativa Impostazione dei criteri di progetto Travi acciaio Fravi acciaio Pilastri acciaio Aste acciaio Pinatri acciaio Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione 9 Progettazione di strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio Controllo dei risultati della progettazione Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio Progettazione con DM 14/01/2008 Progettazione deile sezioni Inpostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 18 Controllo dei risultati della progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione 23 Selezione della normativa 23 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione dei aromativa 23 Progettazione dei criteri di progetto 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 25 Verifiche previ	Esecuzione progettazione	3
Selezione deil normativa 4 Impostazione dei criteri di progetto 5 Travi acciaio 5 Pilastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione	Progettazione con DM 17/01/2018	4
Impostazione dei Criteri di progetto 5 Travi acciaio 5 Pilastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione. 9 Progettazione di strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 10 Classificazione delle sezioni 11 Controllo dei risultati della progettazione. 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 • Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Controllo dei risultati della progettazione. 19 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 • Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione di strutture dissipative 24 Impostazione dei criteri di progetto 25	Selezione della normativa	4 F
Pilastri acciaio 6 Aste acciaio 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione. 9 Progettazione di strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 10 Classificazione delle sezioni 11 Controllo dei risultati della progettazione. 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 17 Classificazione delle sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione dei criteri di progetto 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 25	Impostazione dei criteri di progetto	5 E
Aste acciaio. 9 Aste acciaio. 9 Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione. 9 Progettazione di strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 10 Classificazione delle sezioni 11 Controllo dei risultati della progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Classificazione delle sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione di strutture dissipative 24 Impostazione dei criteri di progetto 25	Dilastri acciaio	5
Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione. 9 Progettazione di strutture dissipative 10 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 10 Classificazione delle sezioni 11 Controllo dei risultati della progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 18 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione di strutture dissipative 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 <t< td=""><td>Aste acciaio</td><td></td></t<>	Aste acciaio	
Progettazione di strutture dissipative10Verifiche previste sugli elementi in acciaio.10Classificazione delle sezioni11Controllo dei risultati della progettazione.12Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento15Progettazione con DM 14/01/200817Selezione della normativa17Impostazione dei criteri di progetto17Verifiche previste sugli elementi in acciaio.17Classificazione delle sezioni18Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento21Progettazione delle sezioni23Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento21Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3)23Selezione della normativa23Progettazione di strutture dissipative24Impostazione dei criteri di progetto25Verifiche previste sugli elementi in acciaio.25Verifiche previste sugli elementi in acciaio.25Controllo dei risultati della progettazione.26	Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione	9
Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 10 Classificazione delle sezioni 11 Controllo dei risultati della progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Classificazione delle sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione di strutture dissipative 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 25 Controllo dei risultati della progettazione 26	Progettazione di strutture dissipative	10
Classificazione delle sezioni 11 Controllo dei risultati della progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Classificazione delle sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 19 Controllo dei risultati della progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione 21 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione di strutture dissipative 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 25 Controllo dei risultati della progettazione 26	Verifiche previste sugli elementi in acciaio	10
Controllo dei risultati della progettazione 12 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 15 Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 17 Controllo dei risultati della progettazione 17 Classificazione delle sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione dei criteri di progetto 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio 25 Controllo dei risultati della progettazione 26	Classificazione delle sezioni	11
Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento	Controllo dei risultati della progettazione	12
 Progettazione con DM 14/01/2008 17 Selezione della normativa 17 Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Classificazione delle sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 19 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione di strutture dissipative 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 25 Controllo dei risultati della progettazione 26 	Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento	15
Selezione della normativa	 Progettazione con DM 14/01/2008 	17
Impostazione dei criteri di progetto 17 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 17 Classificazione delle sezioni 18 Controllo dei risultati della progettazione 19 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento 21 Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) 23 Selezione della normativa 23 Progettazione di strutture dissipative 24 Impostazione dei criteri di progetto 25 Verifiche previste sugli elementi in acciaio. 25 Controllo dei risultati della progettazione 26	Selezione della normativa	
 Verifiche previste sugii elementi in acciaio	Impostazione dei criteri di progetto	17
 Classificazione delle sezioni	Verifiche previste sugli elementi in acciaio	17 10
 Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento	Controllo dei risultati della progettazione	10 19
Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) Selezione della normativa	Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento	
Selezione della normativa	Progettazione con UNI EN 1993-1-1-2005 (Eurocodice 3)	23
Progettazione di strutture dissipative	Selezione della normativa	
Impostazione dei criteri di progetto	Progettazione di strutture dissipative	
Verifiche previste sugli elementi in acciaio25 Controllo dei risultati della progettazione	Impostazione dei criteri di progetto	25
Controllo dei risultati della progettazione26	Verifiche previste sugli elementi in acciaio	25
	Controllo dei risultati della progettazione	26

Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento	29
Progettazione con UNI ENV 1993-1-1:1994 (ex EC3)	31
Selezione della normativa	
Verifiche previste per gli elementi in acciaio	
Controllo dei risultati della progettazione	
Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento della struttura	
Progettazione con CNR 10011/88	35
Selezione della normativa	35
Verifiche previste sugli elementi in acciaio	35
Controllo dei risultati della progettazione alle tensioni ammissibili	
Controllo dei risultati della progettazione agli stati limite	37
Settaggio delle restituzioni grafiche dei risultati della progettazione	
itolo 11	1
gettazione elementi strutturali in c.a	1
Progettazione elementi strutturali in c.a.	2
Normative e comandi avanzati	3
Definizione dei criteri di progetto - D.M.2018	6
Travi c.a	7
Pilastri c.a	10
Pareti c.a	13
Gusci c.a	15
Definizione dei criteri di progetto – D.M. 2008	17
Definizione dei criteri di progetto – D.M. 96	17
Travi c.a	17
Pilastri c.a	17
Pareti c.a	18
Gusci c.a.	18
Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali	
Azioni di calcolo	20
Esecuzione delle verifiche e della progettazione	20
Progettazione automatica delle armature	
Verifica delle armature definite dall'utente	
Controllo dei risultati delle verifiche	24
Controllo dei risultati per la progettazione agli Stati Limite – D.M.2018	25
Travi	25
Pilastri	
Elementi D3	
Progettazione delle fondazioni	
Esecuzione delle verifiche di edifici esistenti in c.a.	38
Verifiche di resistenza al fuoco	38
Quadro normativo	
Definizione dei parametri di resistenza al fuoco della sezione per elementi D2	
Definizione del criterio di progetto per elementi D3	
visualizzazione dell'esposizione assegnata agli elementi D3	
Definizione della combinazioni di carica	
Demnizione della varifica di resistanza al fueco e vicualizzazione dei ricultati	
Cottoggio della restituzioni grafiaba dai rigultati della presettazione del fisultati	
Settaggio delle restituzioni grafiche del risultati della progettazione	4/
lapella del codici di errore	47

Pilastri Elementi D3	50 52
Capitolo 12	2
Progettazione elementi strutturali in muratura	2
Progettazione elementi strutturali in muratura	3
Definizione di un materiale tipo muratura	3
Generazione del modello con elementi D3	5
Generazione del modello a telaio equivalente Cenni di teoria	7 7
Uso del modello a telaio equivalente per l'esecuzione di analisi statiche non l	ineari 9
Definizione dei criteri di progetto	11
Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali	12
Esecuzione progettazione	13
Controllo dei risultati delle verifiche	13
 Controllo dei risultati delle verifiche agli Stati Limite – D.M.2018 	14
 Controllo dei risultati delle verifiche agli Stati Limite – D.M.2008 	16
Controllo dei risultati per la progettazione agli Stati Limite – D.M. '87	17
• Controllo dei risultati per la progettazione alle tensioni ammissibili – D.M. 87	19
Edifici esistenti: definizione degli interventi di rinforzo	20
Capitolo 13	1
Progettazione elementi strutturali in legno	1
Progettazione e verifica di elementi strutturali in legno e XLAM	2
Materiale legno	2
Modellazione di pannelli XLAM in PRO_SAP	
Catalogo dei pannelli XLAM	3
Stratigrafia dei pannelli XLAM	4
Assegnazione delle proprietà di pannelli XLAM ad elementi D3	5
Assegnazione delle proprietà di pannelli XLAM ad elementi solaio	6
Considerazioni sull'Implementazione dei pannelli XLAM.	6
verniche strutturan di parmeni ALAM	0
Progettazione secondo il metodo delle rensioni Ammissibili – Regies	/
Assegnazione dei citterio di progetto agli elementi strutturari	8
Controllo dei risultati per la progettazione con le Tensioni Ammissibili	8
 Controllo dei risultati per la progettazione con le rensioni Ammissioni Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento in legno per progettazi 	one alle
Tensioni Ammissibili	10
• Progettazione secondo il metodo degli Stati Limite – Eurocodice 5 e DM'08	10
Definizione dei criteri di progetto	12
Criterio di progetto per gli elementi in legno	13
Criterio di progetto per pannelli XLAM	13
Criterio di progetto per solai XLAM	14
Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali	14
Esecuzione progettazione	15
Controllo dei risultati per la progettazione con gli stati limite	15
 Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento in legno per progettazio EC5 	one con 17
Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento XLAM per progettazion	e con EC5 19

Controllo dei risultati relativi ad un solaio XLAM	22
 Analisi di resistenza al fuoco di una sezione in legno 	23
Definizione proprietà della sezione in legno	23
Definizione proprietà del materiale	26
Capitolo 14	1
Generazione delle immagini, degli esecutivi della struttura, della relazione d	i calcolo e
degli altri elaborati	1
Generazione delle immagini della struttura e dei risultati	2
Generazione degli esecutivi della struttura	3
Generazione della relazione di calcolo	4
Generazione dei computi	6
Generazione dei piani di manutenzione dell'opera	7
Capitolo 15	1
Disegno delle carpenterie di piano	1
	-
Opzioni di generazione del disegno delle carpenterie di piano	2
Il modulo PRO_CAD Disegno Carpenterie	2
La finestra di modifica dell'armatura	3
La finestra Opzioni Concersione de alli se suttivi	4
Generazione degli esecutivi	5
Capitolo 16	1
Generazione degli esecutivi delle travi in c.a.	1
I comandi principali e la finestra principale di lavoro	2
Finestra principale di lavoro	3
L'area di lavoro	4
• Il menù File	5
 File ► Opzioni ► Aspetto 	6
 File ► Opzioni ► Editing Ferri 	7
 File ► Opzioni ► Impostazioni generali 	8
Il comando Rigenera armatura	10
 Il comando Generazione multipla armature 	11
Genera file DXF	13
Capitolo 17	1
Generazione degli esecutivi dei pilastri in c.a	1
Avvio di PRO_CAD Pilastri	2
Finestra principale di lavoro	2
La finestra grafica per la visualizzazione della geometria e dell'armatura dell	a pilastrata
	3
 I comandi di gestione dei tratti di staffatura 	3
 I comandi di visualizzazione e scala dei diagrammi delle armature 	4
• I comandi di assegnazione rapida e manuale del filo fisso in direzione X e Y	4
 I comandi per la modifica della geometria e delle armature 	5
Per modificare le armature di un pilastro	6
Il comando Generazione multipla delle armature	9
Il comando Generazione file DXF	10

Il comando Opzioni	13
Capitolo 18	1
Generazione degli esecutivi di pareti, setti e piastre in c.a	1
Esecutivi di pareti in c.a.	2
Avvio di <i>PRO_CAD pareti</i> Einestra principale di lavore di <i>PRO_CAD pareti</i>	Z
Ecocutivi di cotti in co	/.
• Esecutivi di setti in c.a.	4
Finestra principale di lavoro di PRO CAD setti c a	۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
Modifica della geometria del setto	6
Controllo delle carenze di armatura	9
Definizione dell'armatura integrativa	10
Generazione del file DXF	12
• Esecutivi di gusci in c.a.	13
Avvio di <i>PRO_CAD solette c.a.</i>	13
Finestra principale di lavoro di <i>PRO_CAD solette c.a.</i>	13
Modifica della geometria della soletta	15
Controllo delle carenze di armatura	
Definizione dell'armatura integrativa	
Generazione del file DXF	21
Capitolo 19	1
Generazione degli esecutivi dei plinti in c.a	1
Esecutivi di plinti e pali di fondazione	2
PRO_CAD Disegno plinti	3
Modalità operative di PRO_CAD Plinti	3
Finestra principale di lavoro	3
Panoramica dei comandi	4
La barra dei comandi di menù	4
File	4
	4
Genera file dxt	5
Informazioni su	5 E
Comandi rapidi	5 F
	כ ק
Assegnazione dei canchi Importare le azieni da file di teste	/
Controllo dei carichi assegnati agli elementi di fondazione	
Dofiniziono dello armaturo	10
Definizione manuale delle armature	10
Progetto automatico delle armature	
Esecuzione delle verifiche e generazione della relazione di calcolo	17
Generazione degli elaborati	18
Сарітою 20	I
Generazione degli esecutivi dei collegamenti per strutture in acciaio	1
Esecutivi dei collegamenti in acciaio	2
PRO_CAD Nodi acciaio	3
Finestra principale di lavoro	3

	La finestra grafica per la visualizzazione della geometria	4
	La barra dei comandi di menù	5
	File	5
	ll menù Preferenze	5
•	Definizione della geometria e delle caratteristiche del nodo	6
	La cornice tipologia di collegamento	6
	La finestra Dati sezione	7
	La finestra Dati materiali	8
	La finestra Dati generali	9
	I comandi per la gestione dei giunti	10
	Edita geometria unione	
	Controventi	
	Plastra di base	14
•	Assegnazione dei carichi agli elementi del nodo	17
	Importare le azioni da file di testo	19
•	Esecuzione delle verifiche e stampa della relazione di calcolo	19
	La finestra <i>Verifica</i>	21
•	Generazione del disegno esecutivo	22
Capit	olo 21	1
Capit		1
Gene	razione degli esecutivi delle strutture in acciaio	1
•	Esecutivi delle carpenterie delle strutture metalliche	2
•	PPO CAD Disegno accisio	2
	Finostra principale di lavore	2
•	La barra dei comandi di monù	2 7
	Informazioni	
	Danaramica dai comandi	۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
•		4
	l comandi per la gestione della griglia	4 /
	I comandi di selezione	
	l comandi per l'assegnazione delle proprietà agli elementi strutturali	5
	l comandi di generazione e modifica degli elementi strutturali	6
	I comandi per la modellazione dei nodi delle strutture reticolari	6
•	Modellazione della struttura	6
•	Definizione delle caratteristiche degli elementi strutturali	7
•	Dati sezioni	, 7
	La finestra Profilatario	8
	Materiali	
•	Progetto e verifica dei nodi delle strutture reticolari	9
•	Scelta della tipologia di nodo	9
	La finestra Edita nodo	
	Introduzione delle sollecitazioni presenti nelle aste	
	Selezione della normativa	15
	Verifica nodi	
•	Generazione del disegno esecutivo	16
Canit	-	117
Capit		17
Proge	ettazione dei solai e verifica dei tamponamenti	17
•	Progettazione dei solai	2
•	Proprietà degli elementi solaio	- 3
-		5

• [Definizione dei criteri di progetto per i solai in c.a.	5
• E	secuzione della progettazione dei solai	6
• (controllo dei risultati della progettazione dei solai in c.a.	7
• F	Progettazione dei solai in XLAM	9
• F	ealizzazione delle scacchiere di solai	9
• (iestione di solai con destinazioni d'uso differenti	9
• [PPO CAD solai e tetti in legno	10
- 1	La finestra principale di PRO CAD solai e tetti in legno	10
	Progetto di solai in legno	
	Progetto di solai in acciaio	
• \	/erifiche dei tamponamenti	13
• •	Proprietà degli elementi pappello	16
• -	Nofinizione dei criteri di progette dei pennelli	14
• L		15
• •	secuzione delle verifiche dei tamponamenti	16
• (controllo dei risultati delle verifiche dei tamponamenti	16
Capitol	o 23	1
Applici	dell'interazione terreno struttura: il Modulo gostosnico	1
Analisi	den interazione terreno su uttura. Il Modulo geotechico	1
•	nterazione terreno-struttura	2
• [Definizione delle stratigrafie	2
	La finestra Stratigrafia terreno	
	La finestra Database terreni	4
	La cornice Caratteristiche meccaniche	5
	Procedura per la definizione di una stratigrafia	7
• L	a finestra principale di lavoro del modulo geotecnico	7
	Panoramica dei comandi	8
•	mpostazioni per il calcolo	10
	Impostazioni per le fondazioni superficiali	11
	Impostazioni per le fondazioni profonde	14
	Selezione combinazioni	16
	Preferenze generali	16
• L	a finestra <i>Proprietà</i>	16
	Fondazioni superficiali	17
	Fondazioni profonde	17
• (alcolo delle costanti di Winkler	19
	Fondazioni superficiali	19
	Fondazioni profonde	
	Procedura iterativa per il calcolo delle costanti di Winkler	21
• \	′erifiche di portanza delle fondazioni superficiali	22
• (alcolo dei cedimenti per le fondazioni superficiali	28
• \	erifiche di portanza e calcolo dei cedimenti delle fondazioni profonde	32
• (Generazione della relazione di calcolo	35
- C	lote di teoria	36
÷ I	Parametri meccanici del terreno	30 76
	Criterio di rottura di Mohr-Coulomb	37
	Determinazione delle costanti di Winkler per fondazioni superficiali	
	Carico limite di fondazioni superficiali	
	Meccanismo di rottura generale	
	Meccanismo di rottura per punzonamento - Teoria di Vesic	
	Calcolo del carico limite	
	Effette delle ande signiche sul terrene	1.1.

	Effetti inerziali	
	Carico limite di fondazioni superficiali su roccia	
	Verifica a rottura per scorrimento di fondazioni superficiali	
	Calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali	
	Determinazione delle costanti di Winkler verticali per fondazioni profonde	
	Determinazione delle costanti di Winkler orizzontali per fondazioni profonde	
	Determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde	
	Carico limite verticale alla punta del palo	
	Carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo	51
	Determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde su rocce	52
	Calcolo dei cedimenti delle fondazioni profonde	53
•	Uso delle combinazioni di carico di PRO_SAP	54
•	Bibliografia essenziale	55
•	Tabella dei codici di errore	56
Capit	tolo 24	1
Verif	ica edifici esistenti	1
•	Verifica degli edifici esistenti	2
٠	Verifica di strutture esistenti in c.a.	2
	Proprietà dei materiali	2
	Metodi di verifica per strutture esistenti in c.a	
	1. Verifica con l'impiego del fattore di comportamento g - analisi lineare statica o d	linamica 3
	2. Verifica con lo spettro elastico (q=1)	6
	3. Verifica con analisi statica non lineare (Pushover)	15
	Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in c.a	
	Tabella riassuntiva delle verifiche per gli edifici in cemento armato	
•	Interventi di rinforzo per edifici esistenti in cemento armato	35
	Individuazione carenze ante-operam	
	Incamiciatura in cemento armato	
	Beton plaquè	
	Incamiciatura in acciaio e metodo CAM	
	Fibrorinforzi (FRP)	
	Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in cemento armato con rir	nforzi54
•	Verifica di edifici esistenti in muratura	55
	Proprietà dei materiali	
	Metodi di verifica per strutture esistenti in muratura	
	1. Verifica attraverso un insieme esaustivo di verifiche locali su macroelementi	
	2. Verifica con analisi globale lineare della risposta sismica della struttura	
	3. Verifica con analisi statica non lineare (Pushover)	57
	Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in muratura	77
•	Interventi di rinforzo per edifici esistenti in muratura	77
	Richiami di normativa	77
	PRO_SAP. definizione dei rinforzi ed assegnazione agli elementi strutturali	
	Verifiche degli elementi strutturali con assegnati dei rinforzi	
	Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in muratura con rinforzi	
•	Verifica di edifici esistenti misti in	89
-	Verifica di edifici esistenti in acciaio	90
•	Dropriotà doi matoriali	20
	Atodi di verifica per strutture esistenti in accisio	0 و ۱۹
	Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in accisio	וּכּ וס
•	verifica ai edifici esistenti in legno	92
	Proprieta dei materiali	

Metodi di verifica per strutture esistenti in legno Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in legno	93 93
Gestione di materiali nuovi ed esistenti nello stesso modello di calcolo	94
Calcolo del fattore di accelerazione (alfa) per cui un edificio risulta verificato	95
Metodi di analisi lineare	95
Analisi non lineare	98
 Compilazione delle schede della protezione civile 	99
Applicazione ad un edificio in muratura – Analisi lineare	99
Applicazione ad un edificio in calcestruzzo – Analisi lineare con q=1	101
Capitolo 25	1
Capitolo 25 Isolatori Sismici Elastomerici	1 1
Capitolo 25 Isolatori Sismici Elastomerici • Modellazione degli isolatori sismici	1 1 2
Capitolo 25 Isolatori Sismici Elastomerici • Modellazione degli isolatori sismici • Catalogo degli isolatori sismici	1 1 2 2
Capitolo 25 Isolatori Sismici Elastomerici • Modellazione degli isolatori sismici • Catalogo degli isolatori sismici • Inserimento degli isolatori sismici nel modello	1 1 2 2 4
Capitolo 25 Isolatori Sismici Elastomerici • Modellazione degli isolatori sismici • Catalogo degli isolatori sismici • Inserimento degli isolatori sismici nel modello • Assegnazione dei carichi	1 2 2 4 5
Capitolo 25 Isolatori Sismici Elastomerici Modellazione degli isolatori sismici Catalogo degli isolatori sismici Inserimento degli isolatori sismici nel modello Assegnazione dei carichi Definizione delle combinazioni dei carichi	1 2 2 4 5 6

ſ

Guida rapida dei comandi

Guida rapida dei comandi

Questo capitolo presenta una rapida panoramica dei comandi di PRO_SAP con le relative modalità di accesso.

Comando	ICONA	CONTESTO E BARRA DEGLI STRUMENTI DI RIFERIMENTO	Descrizione
	·	Menù File	
Νυονο		Pulsante File	Crea un nuovo documento
APRI		Pulsante File	Apre un documento esistente
SALVA		Pulsante File	Salva il documento attivo
SALVA CON NOME	ľ.	Pulsante File	Salva il documento attivo
STAMPA		Pulsante File Stampa	Stampa la finestra corrente
RELAZIONE DI CALCOLO		Pulsante File Stampa	Genera la relazione di calcolo del modello
IMPOSTA IMMAGINI		Pulsante File Stampa	Permette di definire le impostazioni e i criteri di generazione delle immagini e della serie di immagini
ESPORTA IMMAGINI	•	Pulsante File Stampa	Salva l'immagine (o la serie di immagini, se impostata) rappresentanti il risultato corrente in PRO_SAP
SALVATAGGIO AUTOMATICO		Pulsante File	Permette di impostare l'intervallo di salvataggio automatico
INTERVALLO DI BACKUP		Pulsante File Salvataggio automatico	Permette di impostare l'intervallo di salvataggio automatico
RECUPERA BACKUP		Pulsante File Salvataggio automatico	Permette di recuperare l'ultimo salvataggio automatico
INVIA E-MAIL		Pulsante File	Permette di allegare il modello corrente ed inviarlo via mail all'assistenza tecnica
OPZIONI ELEMENTI		Pulsante File	Pemette di modificare le preferenze di visualizzazione e di selezione dei vari elementi strutturali presenti nella finestra di lavoro
ESCI DA PRO_SAP		Pulsante File	Esce dal programma
PANNELLO "TASK"			

CONTESTO	~	Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di accedere alle 4 categorie che individuano le fasi della progettazione, di generare i disegni esecutivi e la relazione di calcolo.
DATI STRUTTURA		Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di accedere agli archivi di PRO_SAP
MODIFICA		Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di accedere alle impostazioni dei comandi avanzati
PREFERENZE	N.W.W.	Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di accedere alle preferenze di PRO_SAP
IMPORTA DXF		Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di importare il dxf di un disegno architettonico
ELIMINA DXF		Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di eliminare il dxf importato in precedenza
ESPORTA DXF	5.5.5	Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di esportare un dxf unifilare della struttura
IMPORTA IFC		Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di importare un file per il BIM di tipo IFC e convertirlo in elementi strutturali o linee di costruzione
AGGIORNA IFC		Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di aggiornare un file IFC esistente
ESPORTA IFC	and the second	Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di esportare un file IFC con gli elementi del modello visibili.
ESECUZIONE ANALISI		Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di rieseguire l'analisi della struttura
ESECUZIONE ANALISI E PROGETTO		Contesto Introduzione dati Pannello "Task"	Permette di rieseguire l'analisi e il progetto della struttura
PANNELLO "VISTA"		_	
VISTA		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Permette la scelta di vari tipi di viste degli oggetti visualizzati
GRAFICA		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Permette il settaggio di varie modalità di visualizzazione degli oggetti
RACCHIUDI		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Permette di racchiudere tutti gli oggetti presenti entro i limiti dell'area di lavoro
гоом	Q	Tutti i contesti Pannello "Vista"	Permette di effettuare uno zoom degli oggetti mediante finestra
ZOOM PRECEDENTE		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Ripristina la visualizzazione precedente
PIU VICINO	Q	Tutti i contesti Pannello "Vista"	Permette di aumentare le dimensioni di visualizzazione degli oggetti nella finestra corrente
PIU LONTANO	Q	Tutti i contesti Pannello "Vista"	Permette di diminuire le dimensioni di visualizzazione degli oggetti, nella finestra corrente
PAN		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Sposta la visualizzazione degli oggetti nella finestra corrente

RIFERIMENTO	X y z	Tutti i contesti Pannello "Vista"	Definizione del piano di riferimento, cioè del piano di lavoro su cui si muove il mouse
GRIGLIA		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Visualizza una griglia puntiforme di riferimento
RIDISEGNA		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Effettua il ridisegno degli oggetti visualizzati
MOSTRA ESPLOSO		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Permette la visualizzazione separata degli elementi finiti dai nodi
INCREMENTO TRASPARENZA		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Consente di aumentare la trasparenza degli elementi nella vista solida della struttura
DECREMENTO TRASPARENZA		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Consente di diminuire la trasparenza degli elementi nella vista solida della struttura
USO COLORI		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Consente di accedere alla finestra Uso colori
MOSTRA SCARICHI SOLAI E PANNELLI		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Mostra gli scarichi dei solai e dai pannelli sulle travi e sulle pareti: Ciano ► scarico corretto Magenta ► scarico a sbalzo Rosso ► scarico non corretto
PROGETTO SOLAIO		Tutti i contesti Pannello "Vista"	Consente di eseguire la progettazione e di controllare lo stato di verifica degli elementi solaio
CATTURA IMMAGINE	<u>8</u> .	Tutti i contesti Pannello "Vista"	Cattura l'immagine corrente e la rende disponibile nella clipboard
PANNELLO "SELEZIONE"			
SETTA FILTRO		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette la definizione dei filtri di selezione sugli oggetti
VICINO		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di selezionare l'oggetto più vicino
вох		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di selezionare gli oggetti contenuti o toccati dalla finestra piana di selezione, in base al verso di definizione
CERCHIO		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di selezionare gli oggetti mediante un cerchio di selezione
POLILINEA		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di selezionare gli oggetti mediante polilinea di selezione
BOX 3D		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di selezionare gli oggetti mediante una finestra tridimensionale di selezione
SELEZIONA CON PROPRIETA'		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di effettuare la selezione degli oggetti, attivando un filtro sulle proprietà
SELEZIONA MACRO		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di effettuare la selezione degli oggetti, attivando un filtro sulle macrostrutture
титто	法教教 () 業務	Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Seleziona tutti gli oggetti visualizzati nella finestra di lavoro

NESSUNO		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Annulla la selezione di tutti gli oggetti eventualmente selezionati
EDITA PROPRIETA'		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di editare le proprietà di un singolo oggetto
SETTA RIFERIMENTO		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di impostare il riferimento acquisendo le proprietà da un oggetto su cui si è fatto clic
DISTANZA	<mark>mm</mark>	Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di calcolare la distanza tra due punti
LAYER		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di accedere alla tabella dei Layer
GRUPPI		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di accedere alla tabella dei gruppi operativi
VISUALIZZA TUTTO	计算机 化学数据	Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Rende visibili tutti gli oggetti presenti nell'area di lavoro e precedentemente nascosti
TROVA		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di trovare o selezionare un nodo o un elemento finito
PIANO 3 PUNTI		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di visualizzare solamente gli oggetti appartenenti ad un piano definito mediante l'assegnazione di 3 punti
ΡΙΑΝΟ Χ-Υ		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di visualizzare solamente gli oggetti appartenenti ad un piano parallelo al piano X-Y
PIANO X-Z		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di visualizzare solamente gli oggetti appartenenti ad un piano parallelo al piano X-Z
PIANO Y-Z		Tutti i contesti Pannello "Selezione"	Permette di visualizzare solamente gli oggetti appartenenti ad un piano parallelo al piano Y-Z
PANNELLO "GENERA"		-	
GENERA		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Permette di visualizzare il menu dei generatori
NODO SINGOLO	0	Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo singolo mediante l'assegnazione delle sue coordinate assolute o relative
SERIE DI NODI		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una serie di n nodi compresa tra due punti/nodi dati
GRIGLIA DI NODI		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una griglia di nodi in base alle coordinate dei vertici, al numero di nodi per fila e al numero di file
ELICOIDALE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Permette di generare un'elica di nodi
NODO INTERSEZIONE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo in corrispondenza dell'intersezione di due direzioni assegnate
NODO PIANO-RETTA		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera il nodo di intersezione tra il piano definito da tre punti/nodi e la retta definita da due punti/nodi
NODO RELATIVA		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo allineato ad una coppia di punti/nodi, con distanza relativa alla distanza dei due punti/nodi

NODO ASSOLUTA		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo allineato ad una coppi di punti/nodi, con distanza assoluta rispetto al primo di essi
NODO RIFERIMENTO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo sull'allineamento di due punti/nodi dati, con riferimento ad un nodo dato
NODO PROIEZIONE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo su un allineamento, nel punto generato dalla proiezione ortogonale di un nodo dato
NODO PSEUDO-ROTAZIONE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo ruotato sul piano orizz. e/o verticale rispetto ad una data direzione (rappresentata da due punti/nodi)
NODO RIF. LOCALE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo mediante l'inserimento delle sue coordinate locali riferite a due direzioni assegnate
RELATIVO LOCALE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un nodo mediante l'inserimento delle sue coordinate relative in un sistema di riferimento locale dato da due direzioni assegnate
NODI DA FILE ESTERNO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Trasforma le estremità delle linee e le entità "punto" del file DXF in nodi
NODI INTERSEZIONE DI ALLINEAMENTI		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera nodi in corrispondenza delle intersezioni degli allineamenti
ELEMENTO D2		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Permette di generare un elemento D2 (trave, pilastro, asta, ecc)
ELEMENTO D2 DA NODO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Permette di generare un elemento D2 (trave, pilastro, asta, ecc) riferito ad un punto/nodo assegnato
SERIE D2		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un allineamento (serie) di n elementi D2 compresa tra due punti/nodi dati
POLIGONALE D2		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Permette di realizzare una poligonale di elementi
GRIGLIA D2		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una griglia di elementi D2 riferita a due lati di questa
ELICOIDALE D2		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Permette di generare un'elica di elementi D2
INTERSECATI D2		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera 4 elementi D2 collegati al nodo posto nel punto di intersezione di due date direzioni
D2 RELATIVO	1 1 1 1 1	Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un elemento D2 allineato a due punti/nodi di riferimento, con lunghezza relativa alla distanza tra i punti/nodi. L'elemento generato ha un'estremità sul secondo punto/nodo di riferimento
D2 DISTANZA		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un elemento D2 allineato a due punti/nodi di riferimento, con primo nodo di estremità a distanza assoluta rispetto al primo punto di riferimento

ORTOGONALE D2		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un elemento D2 ortogonale ad una direzione data (definita da due punti/nodi di riferimento) e avente estremità su un dato nodo
D2 PSEUDOROTAZIONE	4	Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un elemento D2 ruotato sul piano orizz. e/o verticale rispetto ad una data direzione
D2 DA FILE ARCHITETTONICO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un elemento D2 pilastro partendo da sagome (circolari o rettangolari) presenti sul dxf. Le sezioni sono aggiunte in automatico all'archivio.
D2 DA FILE ESTERNO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Converte le entità "linea" del dxf in elementi D2
GENERA D3 SINGOLO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un singolo elemento D3 inserito tra 4 nodi di riferimento (vertici dell'elemento)
MESH D3 PER 2 PUNTI		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una mesh rettangolare di elementi D3 con riferimento a due punti/nodi diagonali dati
MESH D3 PER 4 PUNTI		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una mesh di elementi D3 inserita tra 4 punti/nodi di riferimento (vertici del gruppo di elementi)
MESH D3 POLIGONALE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una mesh di elementi D3 inserita tra n punti/nodi di riferimento
MESH D3 POLIGONALE REGOLARE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una mesh di elementi D3 inserita tra n punti/nodi di riferimento con linee di generazione ortogonali secondo una data direzione
MESH D3 VERTICALE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una mesh poligonale di elementi D3, con direzione verticale
MESH D3 DA SOLAI		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una mesh di elementi finiti membrana in corrispondenza dei solai aventi la proprietà "piano rigido" la mesh avrà materiale e spessore come quelli dei solai e ai solai verrà tolta la proprietà "piano rigido"
IMPOSTA MESH		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Consente di impostare i parametri di generazione della mesh
ELEMENTI D3 DA FILE ESTERNO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una mesh poligonale di elementi D3 in corrispondenza di una poligonale generica presente nel DXF e collegata a tutti i nodi selezionati.
SOLIDO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un elemento solido con 4-8 nodi
MESH SOLIDI		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un reticolo di elementi solidi a partire da 5-8 nodi
CONVERTI D3 IN SOLIDI		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Estrude gli elementi D3 generando elementi solidi con altezza pari allo spessore dei D3
SOLAIO O PANNELLO POLIGONALE		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera una poligonale che rappresenta una area di solaio oppure un pannello

GENERAZIONE MULTIPLA SOLAIO-PANNELLO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Genera un gruppo di elementi solaio o pannello appartenenti ad un piano individuato da 3 punti, tale da riempire tutti gli spazi individuati da elementi d2 ed elementi d3.
SOLAIO A SBALZO		Contesto Introduzione dati Pannello "Genera"	Permette di inserire un elemento balcone prelevando i carichi dall'archivio dei solai
PANNELLO "EDIT"			
TAGLIA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Taglia gli oggetti selezionati (con varie modalità) e li colloca nella cartella degli Appunti di Windows
COPIA	\mathbf{C}	Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Copia gli oggetti selezionati e colloca la copia nella cartella degli Appunti di Windows
CANCELLA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Elimina (con differenti modalità) gli oggetti selezionati
INCOLLA	ĥ	Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Inserisce il contenuto degli Appunti di memorizzati
STIRA NODO		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua la traslazione di un nodo della struttura, modificando gli elementi ad esso collegati
STIRA BOX		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua la traslazione degli elementi selezionati, effettuando contemporaneamente la modifica agli elementi ad essi connessi
ESTENDE NODI		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua la traslazione di nodi della struttura fino a raggiungere la linea individuata da due punti/nodi.
ESTENDE VERTICALE		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Permette di estendere i nodi selezionati e gli elementi a loro collegati in verticale, fino ad intersecare un piano assegnato attraverso l'individuazione di 3 punti.
SPOSTA SU PIANO		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Permette di estendere i nodi selezionati e gli elementi a loro collegati fino ad intersecare un piano assegnato per 3 punti, in direzione perpendicolare ad esso.
TRASLA	+ + ++	Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua la traslazione degli oggetti selezionati
RUOTA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua la rotazione degli oggetti selezionati
SPECCHIA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Modifica gli elementi selezionati nella copia speculare degli stessi
SCALA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua la modifica della scala degli oggetti selezionati
COPIA TRASLA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua una copia degli oggetti selezionati con una data traslazione
COPIA RUOTA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua una copia ruotata degli oggetti selezionati, attorno ad una data direzione
COPIA SPECCHIA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Crea una copia degli oggetti selezionati formata dall'immagine speculare degli oggetti stessi

COPIA SCALA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua una copia degli oggetti selezionati, modificandone la scala
DIVIDE	[]	Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua una suddivisione, in un numero n di parti, degli elementi selezionati
INTERSECA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Effettua il collegamento automatico dei nodi sovrapposti agli elementi
TAGLIA		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Taglia gli oggetti selezionati secondo una direzione assegnata mediante due punti/nodi
ESTENDE (REGOLARE)		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Permette di estendere gli oggetti selezionati, in modo regolare, fino a raggiungere la linea individuata da due punti/nodi.
COLLEGA NODI		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Collega, con elementi D2, i nodi degli oggetti copiati ai nodi degli oggetti origine
NUMERO DI COPIE		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Assegna il numero di copie da realizzare
NUMERO DI DIVISIONI		Contesto Introduzione dati Pannello "Edit"	Assegna il numero di divisioni
PANNELLO "CARICHI"	1		
CONTROLLA		Contesto Assegnazione Carichi Pannello "Carichi"	Controllo delle informazioni relative al singolo oggetto con il click all'oggetto.
VISUALIZZA CASI DI CARICO		Contesto Assegnazione Carichi Pannello "Carichi"	Permette di visualizzare i carichi relativi al caso di carico corrente
VISUALIZZA COMBINAZIONI	+0	Contesto Assegnazione Carichi Pannello "Carichi"	Permette di visualizzare i carichi relativi al caso di carico corrente
PRIMO		Contesto Assegnazione Carichi Pannello "Carichi"	Rende corrente il primo caso di carico/ combinazione
PRECEDENTE	+	Contesto Assegnazione Carichi Pannello "Carichi"	Rende corrente il caso di carico/ combinazione precedente a quello attivo
SUCCESSIVO	-	Contesto Assegnazione Carichi Pannello "Carichi"	Rende corrente il caso di carico/ combinazione successivo a quello attivo
ULTIMO		Contesto Assegnazione Carichi Pannello "Carichi"	Rende corrente l'ultimo caso di carico/ combinazione dell'archivio
PANNELLO "RISULTATI"			
CONTROLLA		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette il controllo delle informazioni relative al singolo oggetto Per visualizzare le informazioni è necessario fare Click sull'oggetto
VEDI CASI DI CARICO		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette di visualizzare i risultati in termini di sollecitazioni, tensioni e spostamenti relativi al caso di carico corrente
VEDI COMBINAZIONI		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette di visualizzare i risultati in termini di sollecitazioni, tensioni e spostamenti relativi alla combinazione corrente
STORIA DI CARICO		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette di visualizzare i risultati relativi alle analisi per storia di carico

VEDI DINAMICA		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette di visualizzare i risultati relativi alle analisi dinamiche
PRIMO		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Rende corrente il primo caso di carico/ combinazione
PRECEDENTE	+	Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Rende corrente il caso di carico/ combinazione precedente a quello attivo
SUCCESSIVO	-	Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Rende corrente il caso di carico/ combinazione successivo a quello attivo
ULTIMO		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Rende corrente l'ultimo caso di carico/ combinazione dell'archivio
MOVIMENTI NODI	- Bug	Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette la visualizzazione dei movimenti nodali
AZIONI VINCOLI		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette la visualizzazione delle azioni sui vincoli
AZIONI FONDAZIONI		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette la visualizzazione dei risultati per le opere di fondazione (pressioni sul terreno, azioni sui pali, ecc)
AZIONI D2		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette la visualizzazione dei risultati relativi agli elementi D2 (travi, pilastri, aste, ecc)
TENSIONI D3		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette la visualizzazione delle tensioni sugli elementi setto/piastra
AZIONI D3		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette la visualizzazione dei risultati, in termini di azioni, relativi agli elementi D3 (setto/piastra)
TENSIONI SOLIDI		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette la visualizzazione delle tensioni degli elementi solidi.
DEFORMAZIONI		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette la visualizzazione delle deformazioni della struttura
RISULTATI GLOBALI		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette di visualizzare la risultante delle sollecitazioni del gruppo di elementi selezionati.
МАХ	X .S.	Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette di visualizzare la combinazione che riporta il valore massimo del risultato corrente.
MIN		Contesto Visualizzazione Risultati Pannello "Risultati"	Permette di visualizzare la combinazione che riporta il valore minimo del risultato corrente.
PANNELLO "PROGETTAZION	NE"		
CONTROLLA		Contesto Assegnazione dati di progetto Pannello "Progettazione	Permette il controllo delle informazioni relative al singolo oggetto Per visualizzare le informazioni è necessario fare Click sull'oggetto
TRAVI CLS S.L. TRAVI CLS T.A.		Contesto Assegnazione dati di progetto Pannello "Progettazione"	Questi comandi permettono la visualizzazione dei risultati della progettazione delle travi in c.a. con il metodo degli stati limiti e delle tensioni ammissibili

PILASTRI CLS S.L. PILASTRI CLS T.A.		Contesto Assegnazione dati di progetto Pannello "Progettazione	Questo comando permette la visualizzazione dei risultati della progettazione dei pilastri in c.a. con il metodo degli stati limiti e delle tensioni ammissibili.
D3 CLS S.L. D3 CLS T.A.		Contesto Assegnazione dati di progetto Pannello "Progettazione	Questi comandi permettono di visualizzare i risultati della progettazione degli elementi setto/piastra con il metodo degli stati limiti e delle tensioni ammissibili
ACCIAIO S.L. ACCIAIO T.A.		Contesto Assegnazione dati di progetto Pannello "Progettazione	Questi comandi permettono la visualizzazione dei risultati della progettazione degli elementi in acciaio, agli stati limiti e alle tensioni ammissibili
LEGNO T.A. LEGNO EC5		Contesto Assegnazione dati di progetto Pannello "Progettazione	Questi comandi permettono la visualizzazione dei risultati della progettazione/verifica degli elementi in legno con le tensioni ammissibili e secondo gli stati limite
MURATURA T.A. MURATURA S.L.	L	Contesto Assegnazione dati di progetto Pannello "Progettazione	Questi comandi permettono la visualizzazione dei risultati della progettazione/verifica degli elementi in muratura con le tensioni ammissibili e con gli stati limite
VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO	હ્ય	Contesto Assegnazione dati di progetto Pannello "Progettazione	Questi comandi permettono la visualizzazione dei risultati della verifica di resistenza al fuoco degli elementi di c.a.

Capitolo 1

Generalità

In questo capitolo vengono precisati i criteri di utilizzo del programma in ciascuna fase operativa. La conoscenza dei criteri di utilizzo riportati di seguito è essenziale. Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Progettazione della struttura
- Modellazione della struttura
- Proprietà dei nodi
- Proprietà degli elementi monodimensionali (D2) Elementi tipo Beam, Truss e Cable
- Proprietà degli elementi bidimensionali (D3) di tipo membrana
- Elementi D3 di tipo Shell
- Proprietà degli elementi tridimensionali (Solidi)
- Proprietà degli elementi solaio e balcone
- Proprietà degli elementi pannello
- Elementi Boundary
- Elementi Matrice di rigidezza
- Assegnazione delle proprietà ai nodi ed agli elementi strutturali
- · Modellazione delle azioni agenti sulla struttura
- Determinazione dello stato tenso-deformativo della struttura
- Progettazione e verifica degli elementi strutturali
- Il menù dei comandi di contesto
- Generazione della relazione
- Il disegno degli esecutivi

Progettazione della struttura

L'attività di progettazione di una struttura può essere riassunta nelle seguenti fasi:

- Modellazione della struttura
- > Modellazione dei carichi agenti sulla struttura
- Determinazione dello stato tenso-deformativo della struttura
- Progettazione e verifica degli elementi strutturali
- > Produzione degli elaborati di progetto

Modellazione della struttura

La modellazione della struttura consiste nell'individuazione dello *schema statico* della struttura stessa e nella definizione delle proprietà di tutti gli elementi che la compongono. Lo schema statico è realizzato unicamente con nodi ed elementi strutturali.

Un *nodo* è un punto nello spazio individuato dalle coordinate cartesiane X,Y,Z in un sistema di riferimento globale destrogiro con asse Z verticale.

Gli *elementi strutturali* sono suddivisi in quattro categorie:

- 1. *Elementi monodimensionali* che vengono definiti tramite due nodi (indicati nell'ambito del programma come *Elementi D2*)
- 2. *Elementi bidimensionali* che vengono definiti tramite tre o quattro nodi (indicati nell'ambito del programma come *Elementi D3*)
- 3. *Elementi tridimensionali* che vengono definiti da un numero di nodi variabile tra quattro e otto (indicati nell'ambito del programma come *Solidi*)
- 4. Elementi multifunzione (Solaio, Balcone e Pannello)

Vengono di seguito precisate le proprietà di nodi e degli elementi strutturali; la corretta applicazione delle proprietà è essenziale per la definizione di uno schema statico che rappresenti realisticamente la struttura in fase di progetto.

Proprietà dei nodi

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, tre traslazioni e tre rotazioni:

- 1. Traslazione X (Tx)
- 2. Traslazione Y (Ty)
- 3. Traslazione Z (Tz)
- 4. Rotazione X (Rx)
- 5. Rotazione Y (Ry)
- 6. Rotazione Z (Rz)

La numerazione dei nodi è gestita automaticamente.

Il programma normalmente genera automaticamente i nodi necessari; qualora vi siano elementi strutturali non agganciati a nodi esistenti, il comando "Check dati struttura" risolve ogni tipo di eventuale incongruenza. La cancellazione dei nodi non necessari è agevolata dai comandi "Seleziona tutto", "Taglia" e "Cancella" seguiti dall'opzione "Nodi".

Le proprietà essenziali di un nodo sono le seguenti:

- Posizione: X, Y, Z
- Tipologia di fondazione
- Layer
- Tipologia di isolatore
- Codice di vincolo rigido per ciascuno dei gradi di libertà
- Codice di vincolo elastico per ciascuno dei gradi di libertà
- Aiuti 3D (linee di costruzione passanti per il nodo)

Due nodi sono considerati distinti se la differenza tra almeno una delle coordinate è pari a 0.05 cm. Eventuali nodi coincidenti vengono eliminati con il comando "*Check dati struttura*" conservando le proprietà del nodo con numero inferiore.

I codici di vincolo rigido ed elastico si escludono l'un l'altro: se nel nodo è presente un vincolo rigido per una traslazione od una rotazione non è possibile definire un vincolo elastico per la stessa traslazione o rotazione e viceversa. Inoltre, se al nodo è stata assegnata la proprietà di fondazione non è possibile assegnare un vincolo rigido od elastico nel nodo e viceversa.

Proprietà degli elementi monodimensionali (D2) Elementi tipo Beam, Truss e Cable

Sia gli elementi tipo Beam che tipo Truss sono formulati nello spazio e definiti per mezzo di due nodi. Un terzo nodo supplementare, il "nodo K", è usato per gestire l'orientamento della sezione della trave nello spazio (Fig. 1). L'elemento Beam ha al massimo tre gradi di libertà traslazionali e tre gradi di libertà rotazionali (Fig. 2), l'elemento truss possiede solo tre gradi di libertà traslazionali. Agli estremi dell'elemento sono determinate le sei componenti della sollecitazione: tre momenti (torcente e due flettenti), sforzo assiale e due sforzi taglianti (Fig. 2). A questi elementi possono essere applicate anche variazioni termiche (Fig. 3), carichi inerziali, distribuiti e concentrati sia agli estremi che in posizioni intermedie.



L'elemento tipo Cable è una corda od una catena passante attraverso diversi nodi (Fig.4). Il primo e l'ultimo nodo sono punti fissi, i nodi intermedi sono carrucole dove l'elemento può scorrere. L'elemento è inestensibile e lo sforzo normale è costante per tutta la sua lunghezza anche nel caso di cambiamenti di direzione tra un nodo intermedio e l'altro.



Ogni elemento D2 è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale. Le proprietà essenziali di un elemento D2 sono le seguenti:

- Tipo di elemento D2
- Sezione
- Rotazione
- Materiale
- Criterio di progetto
- Condizioni ambientali
- Filo fisso pianta
- Filo fisso sezione
- Layer
- Pretensione
- Tecnologia TTRC
- Interazione terreno
- Codici di rilascio estremità

Sono previsti i seguenti tipi di comportamento per gli elementi D2:

- 1. Elemento a sei gradi di libertà per nodo (denominato *Trave a comportamento lineare o non lineare*)
- 2. Elemento a tre gradi di libertà per nodo (denominato **Asta a** *comportamento lineare o non lineare*)
- Elemento a sei gradi di libertà per nodo su suolo elastico alla Winkler (denominato *Trave di fondazione*)

veperta proprietă di riferimento D.	2 🔹 🕯 🖸
21 11 2 11 10	
Gerenalità	
Bemento Spo	/ Trive
Sepiene	[7] Rettangolates b., 20.00 h ., 20,
Estations .	0.0 (predi)
Materiale	[1] Calcestructo Classe C25/30
Criterio di pitogetho	(1) Criterio di progetto DM08
Conditioni ambientali	Ordinarie X0
No Sau - parte	elemento in asse
Filo fisso - sezione	elements in asse
Ligw	[1] Layerd
Usu tratti rigidi	- Charles
Fretensione	ESmoviet61 0.0
E Trave TTRC	
Usa teonalogia TTRC	
Interatione terreno	
Fondes one (faccia inter-	
F. taur. uwt.	0.0 (dahi/mn2)
Elter, pro-	0.0. MeN/errol 1
Codici di rilascio estremită	Front South R. Harris
Svincoli nodo i	
D N	
□ V2	
- M1	
C1 M2	
IT N3	
E Svincoli rodo J	
DN.	
□ v1	
1 M1	
□ M2	
D N3	

4. Elemento a tre gradi di libertà per nodo a sforzo normale costante (denominato Cinghia)

In base al tipo di comportamento viene individuato il tipo di elemento finito da adottare per la modellazione. L'opzione Usa tecnologia TTRC consente di modellare una trave prefabbricata reticolare mista che consideri automaticamente le fasi costruttive.

Ad ogni elemento D2 è associato un sistema di riferimento locale destrogiro 1, 2, 3.

Il programma provvede automaticamente alla definizione ed all'orientamento del sistema secondo la seguente regola:

Elementi verticali

- Asse 1 ROSSO diretto dal nodo iniziale al nodo finale, ovvero diretto secondo l'asse Z globale positivo;
- Asse 2 VERDE diretto secondo l'asse X globale negativo;
- Asse 3 BLU diretto secondo l'asse Y globale negativo.

Elementi non verticali

- asse 1 ROSSO diretto dal nodo iniziale al nodo finale (di norma con proiezione positiva sull'asse X globale o sull'asse Y globale); in altre parole, se di un elemento D2 è possibile realizzare la proiezione sull'asse delle X di lunghezza non trascurabile, allora il nodo iniziale è quello con i valori di <u>X minori</u>, se l'elemento D2 ha proiezione sull'asse X di lunghezza trascurabile (ossia è diretto lungo l'asse delle Y) allora il nodo iniziale è quello con le <u>Y minori</u>;
- asse 2 VERDE ortogonale all'asse 1 e contenuto nel semipiano verticale superiore passante per i nodi dell'elemento;
- asse 3 BLU ortogonale all'asse 1 e al semipiano di cui sopra (pertanto è orizzontale).

Se all'elemento D2 è assegnata una **rotazione**, l'orientamento dell'elemento viene corretto. La rotazione assegnata all'elemento produce una rotazione degli assi 2 e 3 del sistema di riferimento locale.

Ipotizzando una sezione non ruotata, le convenzioni sui segni sono le seguenti:

- **N** Positivo se di trazione
- V2 Positivo se induce un incremento di momento M33
- V3 Positivo se induce un incremento di M22
- M2 Positivo se tende le fibre di sinistra
- M3 Positivo se tende le fibre inferiori
- **MT** Positivo se orario

L'orientamento dell'elemento viene corretto fornendo un valore diverso da 0 alla rotazione.

La rotazione assegnata all'elemento produce una rotazione degli assi 2) e 3) del sistema di riferimento locale.

Il posizionamento dell'elemento viene corretto fornendo un codice di filo fisso all'elemento.

Il programma segnala come avvertimento la presenza di nodi intermedi tra il nodo iniziale ed il nodo finale di un elemento D2.

Il programma segnala come errore la coincidenza di due o più elementi D2 (ossia elementi con stessi nodi iniziali e finali).

Proprietà degli elementi bidimensionali (D3) di tipo membrana

Gli elementi membrana sono definiti da tre o quattro nodi e formulati nello spazio. Per questi tipi di elementi sono definiti al massimo tre gradi di libertà traslazionali, rispettivamente in X, Y e Z (Fig. 5 e 6). Sono definite solo le rigidezze appartenenti al piano dell'elemento e conseguentemente sono ammissibili solo stati piani di sollecitazione (membranali). I materiali possono avere comportamento anisotropo dipendente dalla temperatura. La formulazione prevede anche modi incompatibili. I risultati in termini di sollecitazione sono riportati ai nodi di definizione. All'elemento è assegnato uno spessore uniforme (Fig. 7). Possono essere applicate variazioni termiche, carichi inerziali e carichi laterali.




Elementi D3 di tipo Shell

Sono elementi a tre-quattro nodi formulati nello spazio. Per questi tipi di elementi sono definiti **sei** gradi di libertà: <u>tre traslazioni e tre rotazioni.</u> Sono definite le rigidezze nel piano (membranali) e fuori dal piano (flessionali). Possono essere applicate variazioni termiche, carichi inerziali e carichi di pressione.

La maggior parte dei software commerciali utilizza elementi Shell a soli 5 gdl (3 traslazioni e 2 rotazioni nel piano dell'elemento (Fig. 8 e 9): la rotazione in un piano perpendicolare alla parete pertanto non è vincolata, con il rischio di ritrovarsi una cerniera in corrispondenza del collegamento con l'elemento ortogonale.

PRO_SAP utilizza elementi Shell con 6 gradi di libertà per nodo che risolvono automaticamente il problema del drilling.



E' possibile indicare al programma di considerare elementi Shell a soli 5 gradi di libertà anziché 6 (*Modifica* \rightarrow Selezione del solutore \rightarrow Shell drilling come versione 2011-06-155).

Ogni elemento D3 è individuato da tre o quattro nodi (denominati in seguito I, J, K, L).

Le proprietà essenziali di un elemento D3 sono le seguenti:

- Tipo di elemento D3
- Spessore
- Materiale Direzione
- Criterio di progetto
- Condizioni ambientali
- Layer
- Svincolo
- Filo fisso
- Pretensione
- Interazione terreno

Sono previsti tre tipi di comportamento per gli elementi D3:

- 1. Elemento a tre gradi di libertà per nodo (denominato Membrana)
- 2. Elemento a cinque gradi di libertà per nodo (denominato Shell);
- 3. Elemento a cinque gradi di libertà per nodo su suolo elastico alla Winkler (denominato **Shell di** *fondazione*)

La definizione del tipo di comportamento è necessaria per individuare il tipo di elemento finito adottato in modellazione.

Ad ogni elemento D3 è associato un sistema di riferimento locale destrogiro 1, 2, 3.



Il programma provvede automaticamente alla definizione ed all'orientamento del sistema. Gli assi 1 e 2 sono contenuti nel piano dell'elemento, l'asse 3 è ortogonale all'elemento. Il programma di norma dispone il sistema in modo che l'asse 3 sia diretto secondo l'asse globale Z positivo per gli elementi non verticali, e secondo l'asse globale X o Y positivo per gli elementi verticali.

Il posizionamento dell'elemento viene corretto fornendo un codice di filo fisso all'elemento.

Il programma segnala come avvertimento la presenza di nodi intermedi tra i nodi dell'elemento. Il programma segnale come errore la coincidenza di due o più elementi D3.

Proprietà degli elementi tridimensionali (solidi)

Gli elementi finiti tipo brick possono essere definiti con un numero di nodi variabile da 4 a 8 e sono formulati nello spazio. Possiedono solamente tre gradi di libertà per nodo: traslazione X, traslazione Y e traslazione Z (Fig. 10). Possono essere definiti con materiale isotropo e la rigidezza dell'elemento è formulata anche con modi incompatibili. I carichi che è possibile assegnare sono pressioni, variazioni termiche e carichi inerziali.





е

Le proprietà essenziali di un elemento Solido sono le seguenti:

- Materiale
- Criterio di progetto
- Condizioni ambientali
- Layer
- Interazione terreno

Sono previsti due tipi di comportamento per gli elementi Solidi:

- Elemento a tre gradi di libertà per nodo (denominato Solido).
- Elemento a tre gradi di libertà per nodo con una faccia vincolata ad un suolo elastico alla Winkler (denominato Solido di fondazione).

Proprietà degli elementi solaio balcone

Ogni elemento solaio è individuato da una poligonale di nodi.

Le proprietà essenziali di un elemento solaio sono le seguenti:

- Layer
- Materiale
- Piano rigido
- Archivio di carico
- Orditura
- Alternanza variabile carichi accidentali
- Mono/bidirezionalità
- Modello di calcolo
- Dati di progetto

Le proprietà del solaio definiscono il modo in cui questi elementi intervengono nel modello della struttura (piano rigido con spessore e materiale associati) e nell'assegnazione dei carichi alla stessa (archivio di carico, alternanza, orditura, bidirezionalità, ecc...).

Proprietà degli elementi pannello

Gli elementi pannello sono formulati nello spazio ed individuati da una poligonale di nodi. Possono essere orizzontali, verticali oppure inclinati.

Le proprietà di un elemento pannello sono le seguenti:

- Layer
- Materiale
- Spessore
- Orditura
- Peso inferiore
- Massa inferiore

Tulka Insuranta Taka	0
21 34 41 34 1 59	
il Generalità	
Layer	Layer 0
Usa come pannello	and the state of the
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
R Pase rigido	
Specific rembranals	40 (cm)
Modelio di carice	And Country
Aschivio di carico	[1] Casel = 750.00 residenciels
Ovelhura,	Imposta
Directorie X	8.0
Directorie Y	10
Direzione Z	44
Alternance valuable	1
% Bid resuraits	0
Applicatione tonione	
Modelin di caicolo	
Schuma statica	Automatica
Cantolla	Vedi
Negativo I	144
Negative J	00
Minima Negativo	60
Ni Cak signifiation	20
Outi di progetto	
Sectore	[13] Tribunator bir:12.09 Ht=24.00 bir:50.00 .
Interacte toweth	\$0.0 [cm]
Citario di progetto	(1) Criteria di progetto DM08
Caredoioni ambientali	Ordinarie XD

20 4 4 4 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
Layer	Layer 0
Use come permella	1.5.6.000
Matariale	[1] Calcestratio Clause C25/39
Spernore	10.0 [cm]
Modello di carleo	
Indinazione Oshtata	90.0
Paiss inferiors	
Mama reference	
% Bid regionalital	0
E Outi di progette	
Criterio di arragitto	[1] Criterio di progetto EM00

Comportamento mono/bidirezionale

• Dati di progetto

Le proprietà del pannello definiscono il modo in cui questi elementi intervengono nell'assegnazione dei carichi alla struttura.

Elementi Boundary

Questi elementi sono formulati nello spazio ma non possono essere inseriti manualmente dall'utente, sono definiti in automatico dal programma ed usati per:

- modellare vincoli fissi nodali
- modellare vincoli elastici nodali
- calcolare reazioni vincolari ai nodi
- applicare spostamenti imposti ai nodi

La retta d'azione di questi elementi passa per il nodo di attacco (NP). La direzione e l'orientamento dell'asse possono essere definiti in due modi:

- Attraverso 2 nodi, un vettore diretto dal nodo d'attacco (NP) al nodo di riferimento (NI) definisce l'asse positivo (Fig. 11)



- Attraverso 5 nodi, l'asse viene orientato a partire

positivo dell'elemento dal nodo NP secondo

il vettore normale al piano generato da due vettori non allineati. Il primo vettore V1 è diretto lungo la congiungente i punti NI e NJ; il secondo vettore V2 è diretto lungo la congiungente i punti NK e NL. Il vettore direzione dell'elemento Boundary è definito dal prodotto vettoriale V1 x V2 (Fig. 12)



Elementi Matrice di rigidezza

Questi elementi non possono essere definiti manualmente dall'utente ma sono creati automaticamente dal programma. Possono essere usati per modellare plinti e pali di fondazione oppure per connettere direttamente fino a 48 gradi di libertà della matrice di rigidezza del sistema. La matrice di rigidezza deve essere simmetrica e riferita al sistema di coordinate globali.



Nell'esempio seguente è riportata l'applicazione di una matrice di rigidezza per la definizione di un elemento di tipo *Truss*:

$L = \sqrt{(XJ - XI)^{2} + (YJ - YI)^{2} + (ZJ - ZI)^{2}}$
$K = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$
l = (XJ - XI)/L
m = (YJ - YI)/L
n = (ZJ - ZI)/L
$\bar{K} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} il & im & ln & -ll & -lm & -ln \\ ml & mm & mn & -ml & -mm & -mn \\ nl & nm & nn & -nl & -nm & -nn \\ -ll & -lm & -ln & ll & lm & ln \\ -ml & -mm & -mn & ml & mm & mn \\ -nl & -nm & -nn & nl & nm & nn \end{bmatrix}$
$\overline{K} = 10^{4} 2.4939 \begin{bmatrix} 0.6235 & 1.2470 & 2.4939 & -0.6235 & -1.2470 & -2.4939 \\ 1.2470 & 2.4939 & 4.9878 & -1.2470 & -2.4939 & -4.9878 \\ 2.4939 & 4.9878 & 9.9757 & -2.4939 & -4.9878 & 9.9757 \\ -0.6235 & -1.2470 & -2.4939 & 0.6235 & 1.2470 & 2.4939 \\ -1.2470 & -2.4939 & -4.9878 & 1.2470 & 2.4939 & 4.9878 \\ -2.4939 & -4.9878 & -9.9757 & 2.4939 & 4.9878 & 9.9757 \end{bmatrix}$
10 1 2 6 2 1 2 3 0 0 3 4 5 6 0 0 0.6235E+04 1.2470E+04 2.4939E+04 -0.6235E+04 -1.2470E+04 -2.4939E+04 2.4939E+04 4.9878E+04 -1.2470E+04 -2.4939E+04 -4.9878E+04 0.0000E-01 9.9757E+04 2.4939E+04 -4.9878E+04 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 0.6235E+04 1.2470E+04 2.4939E+04 -0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 9.9757E+04 2.49378E+04 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 9.9757E+04 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 9.9757E+04 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01 0.0000E-01

Si riporta un esempio di matrice di rigidezza per la definizione di un plinto di fondazione ("Analisi strutturale con elaboratore elettronico", Giandomenico Toniolo, Masson Italia Editori").

Per gli elementi elastici vincolati a terra si può sistematicamente ridurre la matrice delle rigidezze al rango di 3×3, considerando il solo nodo terminale libero, per il quale l'assemblaggio del sistema prevederà le solite tre equazioni di equilibrio, e trascurando il nodo posto a terra:

$$K = \begin{vmatrix} k_x & 0 & 0 \\ 0 & k_y & 0 \\ 0 & 0 & k_e \end{vmatrix}$$

Vi sono degli elementi strutturali di fondazione che risultano simulabili tramite degli « elementi elastici » del tipo di quelli qui discussi, ma spesso la corrispondente matrice delle rigidezze non è di forma diagonale a causa di interazioni fra le diverse componenti delle grandezze nodali.

Si consideri per es. il plinto di fondazione di fig. 146a, poggiato su terreno elastico alla Winkler. Tale terreno viene considerato reagente bilateralmente attraverso una costante « normale » di sottofondo k_{\perp} e una costante « tangenziale » k_{r} . Le flessibilità dell'elemento si calcolano applicando al nodo le singole azioni r_{s} ,



r_y, m₂ unitarie, e valutando i conseguenti spostamenti del nodo stesso (v. figg. 146b-c-d):

$$V = \begin{bmatrix} \frac{r_{x}}{k_{x}A} + \frac{h^{2}}{k_{x}J_{x}} & 0 & \frac{h}{k_{x}J_{z}} \\ 0 & \frac{1}{k_{x}A} & 0 \\ \frac{h}{k_{x}J_{z}} & 0 & \frac{1}{k_{x}J_{z}} \\ \frac{h}{k_{x}J_{x}} & 0 & \frac{1}{k_{x}J_{z}} \\ \hline \end{array}$$

La matrice delle rigidezze dell'elemento si valuta in hase alla precedente come:

$$K = V^{-1} = \begin{vmatrix} k_1 A & 0 & -k_1 A h \\ 0 & k_2 A & 0 \\ -k_1 A h & 0 & k_2 J_2 + k_1 A h^2 \end{vmatrix}$$

dove A e J_z si riferiscono alla sezione d'appoggio del plinto.

Assegnazione delle proprietà ai nodi ed agli elementi strutturali

Per ogni tipologia di elemento strutturale e per i nodi è presente una tabella comprensiva di tutte le proprietà. Queste proprietà (dette *Riferimento*) possono essere impostate nella tabella prima di generare gli elementi strutturali in modo da creare elementi che possiedano già le proprietà desiderate oppure possono essere modificate dopo la creazione degli stessi. In questo caso è possibile modificare ed applicare le proprietà ad un solo nodo o ad un solo elemento oppure a più nodi o più elementi contemporaneamente.

Per impostare le proprietà di un nodo o di un elemento prima che questo venga generato è necessario:

- 1. Cliccare sul comando Setta
- 2. Selezionare dal menù a tendina la tipologia di oggetto per cui si vogliono impostare le proprietà
- 3. Modificare le proprietà nella tabella
- 4. Inserire il nuovo oggetto nel modello.

Per modificare le proprietà ad un singolo nodo od elemento è sufficiente:

- 1. Cliccare sul comando Edita proprietà
- 2. Cliccare sul nodo (o sull'elemento) da modificare
- 3. Modificare i valori nella tabella delle proprietà
- 4. Se il comando *Applica istantaneo* è attivo le modifiche saranno applicate immediatamente, se

non è attivo per assegnare le modifiche è necessario usare il comando 🜌 Applica modifiche.

Per modificare le proprietà a un gruppo di nodi od elementi è sufficiente:

- 1. Selezionare i nodi o gli elementi da modificare
- 2. Cliccare sul comando **Edita** proprietà
- 3. Selezionare uno qualsiasi dei nodi (od elementi) da modificare
- 4. Modificare i valori nella tabella delle proprietà
- 5. Cliccare sul comando Setta riferimento
- 6. Aprire il menù a tendina a destra del comando *Setta riferimento* oppure, in alternativa, cliccare con il pulsante destro nella finestra grafica e selezionare quale caratteristica si intende assegnare. Con il comando *Assegna riferimento* verranno assegnate **tutte** le caratteristiche visualizzate nella tabella delle proprietà.

Visualizza 🕨
Assegna Layer
Assegna Vincolo rigido
Assegna Vincolo elastico
Assegna Fondazione
Assegna Isolatore
Assegna Aiuti
Assegna Riferimento
Setta Riferimento

Per poter assegnare le proprietà ad un gruppo di elementi la selezione deve essere <u>omogenea</u>, devono pertanto essere selezionati solamente nodi, o solamente elementi D2, o solamente D3, o solamente solidi, o solamente solai.

Ad esempio, se si desidera modificare la *Sezione* ad un gruppo di elementi D2, all'interno della selezione non dovranno essere presenti elementi di tipo nodo, poiché questi non possiedono alcune delle caratteristiche tipiche degli elementi D2 (come ad esempio la *Sezione*).

Modellazione delle azioni agenti sulla struttura

Si definisce **Caso di carico** un insieme di azioni applicate alla struttura simultaneamente. Si definisce **Combinazione** una sommatoria pesata di casi di carico.

La modellazione delle azioni agenti sulla struttura avviene in tre fasi:

- 1. Definizione dei casi di carico
- 2. Assegnazione delle azioni presenti in ogni caso di carico
- 3. Definizione delle combinazioni

Sono previsti i seguenti tipi di casi di carico:

- 1. *Gyk* Caso di carico comprensivo del peso proprio della struttura
- 2. Gk Caso di carico con azioni permanenti
- 3. Qk Caso di carico con azioni variabili
- 4. **Gsk** Caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
- 5. **Qsk** Caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
- 6. *Qnk* Caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
- 7. *Qtk* Caso di carico comprensivo di una variazione termica
- 8. Qvk Caso di carico comprensivo di azioni da vento
- 9. Esk Caso di carico sismico con analisi statica (lineare o non lineare)

Tabella dei casi di car	rico		×
$G_{r_k} G_k Q_k$	$G_{sk} Q_s$	k Qnk	$Q_{tk} Q_{\nu}$
$E_{sk} E_{dk} E_{tk}$	P_k		
Caso di carico corrente	e rio della strutti	ura)	
Copia	Incolla	1	
Applica	Annulla		Elimina



- 10. *Edk* Caso di carico sismico con analisi dinamica
- 11. Etk Caso di carico comprensivo di spinte del terreno in condizioni sismiche
- 12. Pk Caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico, ossia non prevedono l'introduzione di dati da parte dell'utente e non richiedono alcuna assegnazione di azioni, i seguenti casi di carico: *Gyk, Gsk, Qsk, Qnk*. Per i casi di carico di tipo Gsk l'utente può specificare se si tratta di carichi compiutamente definiti o non compiutamente definiti.

Sono di tipo semi-automatico, ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente e non richiedono alcuna assegnazione di azioni, i seguenti casi di carico: **Qtk, Esk, Edk**.

Sono di tipo non automatico, ossia prevedono la diretta applicazione delle azioni agli elementi strutturali, i restanti casi di carico: *Gk, Qk, Qvk, Etk, Pk*. Per i casi di carico di tipo Gk l'utente può specificare se si tratta di carichi compiutamente definiti o non compiutamente definiti.

I casi di carico automatici e, se l'utente lo desidera, anche i casi di carico sismici sono inseriti nell'archivio dei casi di carico dal programma.

I casi di carico semiautomatici e non automatici invece vanno inseriti manualmente dall'utente nell'archivio dei casi di carico ma comunque si possono sfruttare gli aiuti messi a disposizione dal programma per velocizzare la definizione dei casi di carico.

La definizione delle azioni previste nei caso di carico non automatici avviene applicando agli elementi strutturali o ai nodi azioni di tipo generico tra quelle previste nell'archivio dei carichi generici:

- Carico concentrato nodale
- Spostamento nodale impresso
- Carico distribuito globale su elemento d2
- Carico distribuito locale su elemento d2
- Carico concentrato globale su elemento d2
- Carico concentrato locale su elemento d2
- Variazione termica applicata ad elemento d2
- Carico di pressione uniforme su elemento d3
- Carico di pressione variabile su elemento d3
- Variazione termica applicata ad elemento d3
- Carico variabile generale su elementi d2 e d3



• Carico pressione impronta

La logica di assegnazione dei carichi alla struttura è analoga alla logica di assegnazione delle proprietà strutturali: la tabella per l'assegnazione dei carichi ad un nodo o ad un elemento strutturale si attiva con il comando *Edita proprietà* ed è possibile assegnare i carichi ad un solo nodo od elemento strutturale oppure a più nodi od elementi contemporaneamente, fermo restando il principio per cui la selezione deve essere omogenea.

La definizione delle combinazioni è strettamente necessaria solo per la progettazione degli elementi strutturali, è anche possibile eseguire l'analisi senza definirle e controllare i risultati per i singoli casi di carico presenti nell'archivio.

Determinazione dello stato tenso-deformativo della struttura

La determinazione dello stato tenso-deformativo della struttura avviene eseguendo l'analisi del modello agli elementi finiti della struttura.

Il programma effettua un'analisi statica per la soluzione di tutti i casi di carico ad esclusione di quelli di tipo *Edk* per i quali effettua una analisi dinamica modale seguita da un'analisi con spettro di risposta.

Al termine delle analisi il programma controlla la validità dei risultati ottenuti e segnala eventuali problemi o criticità riscontrate nel calcolo che richiedono l'attenzione del progettista.

Il programma consente per mezzo di mappe, diagrammi, tabelle ed informazioni vettoriali l'esaustivo controllo dello stato di deformazione e di sollecitazione della struttura.

Progettazione e verifica degli elementi strutturali

La progettazione degli elementi strutturali avviene sulla base delle combinazioni di calcolo.

Ad ogni elemento strutturale può essere associato un *Criterio di progetto*. Il criterio di progetto è una proprietà dell'elemento che serve a gestire e controllare tutti i parametri della progettazione e della verifica degli elementi strutturali.

Il programma consente per mezzo di mappe, diagrammi e tabelle l'esaustivo controllo dello stato di progetto della struttura.

Il menù dei comandi di contesto

PRO_SAP è organizzato in contesti operativi che guidano con facilità l'utente attraverso le diverse fasi della progettazione.

	HINDCONFEEL PLATER PAR IN	IN TRACTORING AND	with all to see a second		
Contrat of	CAL CAL CALLER -	Ver Cells D Gloss - D	Ton Bran Bran Bran Bran	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
	bat.		Distance.	Contra .	140

- 1. *Introduzione dati* Consente l'accesso a tutti i comandi e le attività previste per la modellazione della struttura con gli elementi finiti.
- 2. **Assegnazione carichi** Consente l'accesso a tutti i comandi e le attività previste per la modellazione dei carichi agenti sulla struttura.
- 3. Visualizzazione risultati Consente il controllo dello stato tenso-deformativo della struttura.
- 4. **Assegnazione dati di progetto** Consente l'accesso a tutte le attività previste per la progettazione e la verifica degli elementi strutturali.

L'accesso ai vari contesti è propedeutico e l'accesso al contesto successivo è consentito solo dopo che sono state portate a termine determinate attività:

- Per accedere al contesto di Assegnazione dei carichi bisogna prima eseguire il Check dati struttura per verificare che non siano stati commessi errori di modellazione
- Per accedere al contesto di Visualizzazione risultati è necessario aver eseguito le analisi
- Per accedere al contesto di Assegnazione dati di progetto è necessario aver eseguito le analisi

È sempre possibile tornare al contesto precedente per modificare gli elementi strutturali o i carichi assegnati ma in seguito alle modifiche è necessario ripercorrere sempre i passi previsti dalla propedeuticità.

Generazione della relazione

La relazione di calcolo può essere ottenuta attivando il comando *Relazione di calcolo* contenuto all'interno del menù *Contesto.*

PRO_SAP è dotato di un word processor che rende possibile la stampa della relazione e la modifica dei documenti anche se sul pc dell'utente non sono installati altri programmi di questo tipo. In alternativa il programma è compatibile con *Microsoft Word* (versione 97 o superiore) e con *Open Office Writer*.

La relazione di calcolo è completamente personalizzabile dall'utente che può scegliere i dati da stampare per quanto riguarda le informazioni sul modello della struttura, sui carichi, sui risultati delle analisi e su quelli della progettazione. Inoltre il programma offre la possibilità di generare ed inserire automaticamente in relazione delle immagini per maggiore chiarezza nell'esposizione dei dati.

Per generare immagini personalizzate da inserire nella relazione si deve usare il comando *File* ► *Stampa* ► *Esporta immagini* che riproduce in un file in formato jpeg tutto ciò che è visibile nella finestra grafica del programma nel momento in cui si attiva il comando. È anche possibile impostare la stampa automatica di una serie di immagini.

Per inserire le immagini in relazione si deve usare il comando **Selezione immagini** disponibile tra le opzioni di stampa della relazione. La finestra con i comandi per l'inserimento delle immagini è divisa in tre parti:

- Elenco delle immagini disponibili precedentemente salvate nella cartella data del modello
- Anteprima dell'immagine attualmente selezionata
- Struttura dei capitoli della relazione di calcolo (elaborata in base alle scelte dell'utente)

Per inserire l'immagine è sufficiente trascinarla all'interno del capitolo dove si desidera che venga stampata.

Il disegno degli esecutivi

La generazione degli esecutivi degli elementi strutturali può avvenire in due modalità: per singolo elemento oppure per elementi della stessa tipologia.

Per generare l'esecutivo di un singolo elemento strutturale è necessario usare il comando **Controlla** presente nel contesto di Assegnazione dati di progetto e cliccare sull'elemento di interesse per accedere alla *Finestra di controllo generale*, all'interno di tale finestra selezionare il comando *Genera esecutivi*, automaticamente verrà avviato il modulo per generare l'esecutivo dell'elemento selezionato e *PRO_SAP* trasmetterà automaticamente al modulo le informazioni necessarie alla generazione dell'esecutivo.



Se invece si sceglie di generare gli esecutivi per tutti gli elementi strutturali è necessario utilizzare il comando **Contesto** ► **Generazione esecutivi**. È possibile scegliere di generare l'esecutivo di una sola tipologia di elementi, per esempio travate, pilastrate, plinti, ecc... oppure di generare gli esecutivi di tutti gli elementi strutturali.

	_	
Generazione esecutivi	•	Esecutivi>tutti
		Esecutivi carpenterie
		Esecutivi travate c.a.
		Esecutivi pilastri c.a.
		Esecutivi plinti c.a.
		Esecutivi setti/piastre c.a.
		Esecutivi collegamenti
		Esecutivi carpenterie acciai
		Esecutivi travi tralicciate

Gli esecutivi di travate, pilastrate e setti-piastre possono essere generati in qualsiasi contesto, purché gli elementi siano già stati progettati, mentre gli esecutivi degli impalcati possono essere generati in qualunque momento della sessione di lavoro.

Usando questo metodo per la generazione degli esecutivi il programma è in grado di riconoscere e raggruppare gli elementi con geometria simile per consentire di generare un solo esecutivo valido per tutta la famiglia di elementi simili.

Capitolo 2

Primi passi

Questo capitolo descrive le nozioni di base dell'utilizzo di PRO_SAP spiegando come impostare l'ambiente di lavoro e come operarvi efficacemente.

Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Come avviare PRO_SAP
- Informazioni in linea
- Manuale dell'utente
- Note legali
- Informazioni su PRO_SAP
- Verifica installazione
- Inserimento codici dsi
 L'interfaccia di PRO_SA
- L'interfaccia di PRO_SAP Il menu file La barra di accesso rapido I Tab di contesto
- I pannelli
- Preferenze Opzioni elementi Opzioni di disegno Opzioni dxf Interfaccia in lingua Finestra principale Grafica avanzata Uso colori Numerazioni Normative Unità di misura Tolleranze Formati tabelle
- Gestione dei modelli Salvataggio automatico Salvataggio di un modello e uscita da PRO_SAP

Come avviare PRO_SAP

Dalla barra degli strumenti di Microsoft® Windows scegliere:

Start → Programmi → PRO_SAP PROfessional SAP → PRO_SAP PROfessional SAP

Viene visualizzata la finestra *Informazioni su PRO_SAP* che riporta le informazioni riguardanti la versione del programma ed i moduli attivati per la corrente installazione.

In ogni modo, è possibile iniziare una nuova sessione di lavoro con differente prototipo utilizzando il comando:



Crea nuovo documento (File, Nuovo)

È anche possibile aprire contemporaneamente più sessioni di lavoro di *PRO_SAP*. Per acquisire gli archivi (delle sezioni, dei materiali, delle fondazioni, dei criteri di progetto, degli isolatori, ecc...) da un modello realizzato in precedenza, è necessario selezionare il comando:

File → Importa Dati

Nella finestra Apri indicare il nome del file dal quale acquisire gli archivi.

Informazioni in linea

È possibile accedere alle informazioni in linea dal menù Informazioni 😗

All'interno del menù sono disponibili i seguenti comandi:

- Manuale dell'utente
- Note legali
- Informazioni su PRO SAP
- Verifica installazione
- Inserimento codici dsi
- Licenza START-UP (attivo solo nelle versioni per studenti)

Manuale dell'utente

Il comando *Manuale dell'utente* permette di accedere alla guida in linea di *PRO_SAP*. Per accedere a questo contenuto è possibile premere il tasto F1 da tastiera in qualunque contesto di lavoro.

Note legali

Il comando *Note legali* consente di accedere al documento che illustra le caratteristiche della licenza di *PRO_SAP* e dei suoi componenti aggiuntivi. Inoltre questo documento contiene anche le informazioni riguardo i proprietari dei vari marchi citati in *PRO_SAP* o nei moduli aggiuntivi.

Informazioni su PRO_SAP

Attiva la finestra con le informazioni sulla versione, la licenza, i moduli attivi ed i riferimenti di 2*S.I.*

Verifica installazione

Il comando *Verifica installazione* consente di controllare lo stato del programma mediante il controllo del file di licenza *dsi.cnf* e della chiave hardware. Nel report vengono restituiti i codici *positivo* e *non previsto* che indicano se un modulo è attivo o meno.

Per installare correttamente le versioni LT e Professional di *PRO_SAP* è necessario:

- installare i driver sentinel della chiave hardware; se necessario è possibile scaricarli all'indirizzo <u>http://www.2si.it/down_drv.php</u>
- 2. inserire la chiave hardware in una porta usb libera
- installare il programma selezionando l'opzione PRO_SAP Professional o LT, edizione commerciale completa; se necessario è possibile scaricare la versione più recente di PRO_SAP all'indirizzo <u>http://www.2si.it/down_prog.php</u>
- 4. copiare il file dsi.cnf, fornito al momento dell'acquisto, in C:\



Controllo dello stato - report	×
Controllo presenza file c:\dsi.cnf positivo	\sim
Controllo presenza chiave positivo	
Controllo versioneLicenza: PROFESSIONAL (build 2018-06-183a)	
Controllo abilitazione release positivo	
Controllo modulo opzionale 1 positivo	
Controllo modulo opzionale 2 positivo	
Controllo modulo onzionale 3 positivo	
Controllo modulo opzionale 4 positivo	
Controllo modulo opzionalo F	
Controllo modulo opzionale 5 positivo	
Controllo modulo opzionale 6 positivo	
Lontrollo modulo opzionale 7 positivo	
Controllo modulo opzionale 8 positivo	
Controllo modulo opzionale 9 positivo	
Controllo modulo opzionale 10 positivo	
Controllo modulo opzionale 11 positivo	
Controllo modulo PRO_VLIM positivo	
Controllo modulo PBO_MST positivo	
Controllo modulo PBD_STABositivo	
Controllo modulo PRO_SAEEpositivo	
Controllo modulo F HO_SALE positivo	
Processo completato !	
	~

5. se necessario aggiornare il file *dsi.cnf* con i più recenti codici di release forniti da 2S.*I.* utilizzando il comando *Inserimento codici dsi*

Inserimento codici dsi

Il comando *Inserimento codici* permette di aggiornare il file *dsi.cnf* contenente le informazioni sulla licenza con i codici più recenti forniti da *2S.I.* Per utilizzare questo comando si consiglia di avviare PRO_SAP con i privilegi di amministratore.

L'interfaccia di PRO_SAP

La seguente figura mostra l'aspetto di una finestra di PRO_SAP.



Il menu File

Il menu File consente di accedere alle funzioni: Nuovo, Salva, Salva con nome, Apri, Stampa, Salvataggio automatico ed invia e-mail.

La barra di accesso rapido

La barra di accesso rapido contiene i comandi di utilizzo più frequente, tra i quali Salva, Annulla, Ripristina, ecc...

I Tab di Contesto

I *Tab di contesto* consentono di passare tra le quattro fasi della progettazione: *Introduzione dati, Assegnazione carichi, Visualizzazione risultati* ed *Assegnazione dati di progetto*. L'accesso ai vari contesti è propedeutico e l'accesso al contesto successivo è consentito solo dopo che sono state portate a termine determinate attività:

- Per accedere al contesto di Assegnazione dei carichi bisogna prima eseguire il Check dati struttura per verificare che non siano stati commessi errori di modellazione;
- Per accedere al contesto di Visualizzazione risultati è necessario aver effettuato il Check dati di carico ed aver eseguito le analisi;
- Per accedere al contesto di *Assegnazione dati di progetto* è necessario aver effettuato il *Check dati di carico* ed aver eseguito le analisi. È sempre possibile tornare al contesto precedente per modificare gli elementi strutturali o i carichi assegnati ma in seguito alle modifiche è necessario ripercorrere sempre i passi previsti dalla propedeuticità.

Menù a cursore

Il menù a cursore viene visualizzato nella posizione corrente del cursore cliccando con il tasto destro del mouse nella finestra grafica. Il menù a cursore cambia il suo contenuto a seconda del contesto in cui viene attivato e mostra una serie di opzioni o comandi coerenti con l'attività in corso.

Correzione degli errori

È possibile annullare le azioni più recenti utilizzando il comando *Annulla* presente nella *Barra di accesso rapido*. Nella stessa posizione è presente il comando *Ripristina* per ripristinare gli elementi modificati.

Il programma può eseguire dei controlli automatici del modello della struttura al fine di individuare problemi o criticità: il comando *Check dati struttura*, disponibile nel contesto di *Introduzione dati,* verifica la correttezza della geometria del modello; il comando *Check dati di carico*, disponibile nel contesto di *Assegnazione carichi,* controlla la correttezza delle informazioni fornite al programma per gestire carichi automatici e semi-automatici.

Entrambi i comandi attivano la finestra *Controllo dello stato* dove vengono descritti i controlli eseguiti dal programma, vengono segnalati eventuali problemi ed in alcuni casi, se il programma è in grado di risolvere automaticamente la criticità riscontrata, anche le correzioni operate.

Se il programma non è in grado di risolvere automaticamente il problema segnala all'utente che è necessario un intervento manuale e seleziona automaticamente gli elementi strutturali sui quali intervenire.

In alcuni casi i check possono riscontrare anomalie. Le anomalie non comportano necessariamente un errore nel calcolo quindi il programma avvisa l'utente perché valuti se sono necessarie azioni correttive.

Il comando check dati struttura permette di selezionare in modo automatico gli oggetti che presentano incongruenze di modellazione; mediante l'impiego del comando isola oppure isola topologia è possibile isolare gli oggetti interessati per le opportune modifiche e correzioni.

Dopo aver eseguito le azioni correttive è opportuno ripetere l'operazione di check, per controllare se sono state risolte tutte le criticità.

Per maggiori approfondimenti sulla risoluzione dei problemi relativi ai Check dati struttura e Check dati di carico si rimanda al capitolo 7 "Controllo del modello della struttura, rinumerazione degli oggetti e risoluzione dei problemi".

I pannelli

I pannelli contengono i comandi *PRO_SAP* che cambiano a seconda del contesto in cui si sta operando per fornire all'utente i comandi di cui necessita in una particolare fase dello studio della struttura. Posizionando il cursore su un comando appare una stringa che contiene il nome del comando ed una breve descrizione delle sue funzioni.

Preferenze

Le impostazioni che influiscono sull'interfaccia di lavoro possono essere modificate cambiando i parametri delle opzioni del menù *Preferenze*. In questo modo è possibile, ad esempio, cambiare il colore allo sfondo della finestra o agli oggetti in essa presenti, attivare visualizzazione e numerazione di oggetti, ecc...

Opzioni elementi

Il comando *Opzioni elementi* attiva la finestra *Opzioni di disegno nodi ed elementi* dalla quale è possibile modificare le opzioni di visualizzazione e di selezione dei vari elementi strutturali presenti nella finestra di lavoro per agevolare le operazioni di modellazione ed i controlli visivi sul modello. Con lo stesso menù è anche possibile attivare o disattivare la visualizzazione di alcuni elementi.

Le opzioni su cui l'utente può intervenire sono legate alla tipologia di elemento e si possono raggruppare in tre categorie:





- *Elemento visibile/non visibile* Attivabile spuntando il quadratino di selezione a fianco del nome dell'elemento. L'opzione non è attiva per *Nodi, Elementi D2, Elementi D3* e *Solidi* che eventualmente devono essere nascosti alla vista con i comandi *Nascondi, Isola* ed *Isola topologia*.
- Colore
- Scala di rappresentazione

Opzioni per i nodi:

- Nodi Consente di modificare colore e dimensione dei nodi
- Nodi selezionati Consente di modificare colore e dimensione dei nodi selezionati;
- *Vincoli rigidi (linea)* Consente di modificare le dimensioni del simbolo a linea del vincolo rigido. La colorazione delle linee rappresenta il grado di libertà impedito: blu → traslazione, verde → rotazione, rosso→ traslazione + rotazione;
- Vincoli rigidi (simbolo) Consente di modificare le dimensioni del simbolo a triangolo del vincolo rigido. La colorazione del simbolo rappresenta il grado di libertà impedito: blu → traslazione, verde → rotazione, rosso→ traslazione + rotazione;
- Vincoli elastici Consente di modificare la dimensione del simbolo a linea tratteggiata del vincolo elastico. La colorazione delle linee rappresenta il grado di libertà impedito blu → traslazione, verde → rotazione, rosso→ traslazione + rotazione;
- *Nodi fondazione* Consente di modificare colore e dimensione del simbolo di fondazione speciale (plinto, palo, plinto su pali);
- Nodi isolatori Consente di modificare colore e dimensione del simbolo dell'isolatore.

Opzioni per elementi D2

- *Elementi D2* Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D2;
- *Elementi D2 asta* Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D2 tipo asta;
- Elementi D2 non lineari Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D2 non lineari;
- *Elementi D2 fondazione* Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D2 a cui è assegnata la proprietà di fondazione;
- Elementi D2 selezionati Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D2 selezionati;
- *Elementi D2 orientamento* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione della terna degli assi 1, 2, 3 del riferimento locale dell'elemento e di modificarne la dimensione;
- *Elementi D2 svincoli* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione del simbolo dello svincolo interno e di modificarne la dimensione;
- *Elementi D2 svincoli fase 1* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione e di modificare le dimensioni del simbolo dello svincolo interno della fase 1 per le travi tralicciate reticolari
- *Elementi D2 simbolo TTRC* Consente attivare/disattivare la visualizzazione e di modificare il colore e le dimensioni del simbolo che indica le travi tralicciate reticolari in calcestruzzo
- *Elementi D2 num. sezioni* Consente di fissare il numero delle sezioni di cui avere l'output dei risultati del calcolo e della progettazione (di default 17 sezioni). Questo parametro influisce anche sul numero di sezioni di cui viene riportato l'output nelle stampe
- *Elementi D2 e D3 rinforzi* Consente di attivare/disattivare e di modificare le dimensioni del simbolo che indica che è stato assegnato un rinforzo all'elemento D2.

Opzioni per elementi D3

- Elementi D3 Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D3;
- *Elementi D3 membrana* Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D3 tipo membrana;
- *Elementi D3 fondazione* Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D3 a cui è assegnata la proprietà di fondazione;
- *Elementi D3 campitura* Consente di attivare/disattivare le campiture degli elementi D3 (l'opzione funziona solamente se è attiva la *Grafica Avanzata*);
- Elementi D3 selezionati Consente di modificare colore e dimensione degli elementi D3 selezionati;
- *Elementi D3 assi locali* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione e di modificare la dimensione della terna di assi 1, 2, 3 del sistema di riferimento locale dell'elemento;
- *Elementi D3 direzione materiale* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione e di modificare la dimensione degli assi che indicano direzione principale e secondaria degli elementi d3 con assegnato materiale ortotropo (rosso principale, verde secondaria);
- *Elementi D3 assi macro* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione e di modificare colore e dimensione dell'asse della macrostruttura. La linea collega i baricentri della macro alle varie quote;

- *Elementi D2 e D3 rinforzi* Consente di attivare/disattivare e di modificare le dimensioni del simbolo che indica che è stato assegnato un rinforzo all'elemento D3;
- *Elementi solidi e D3 aiuto carico* Permette di attivare le opzioni d'aiuto per l'applicazione dei carichi agli elementi D3 e solidi; in particolare per i D3 consente di visualizzare e selezionare il lato dell'elemento a cui assegnare un carico variabile generale di tipo *Uso per carico lineare*.

Opzioni per elementi Solidi

- Elementi solidi Consente di modificare colore e dimensione degli elementi solidi;
- *Elementi solidi fondazione* Consente di modificare colore e dimensione degli elementi solidi a cui è assegnata la proprietà di fondazione;
- *Elementi solidi selezionati* Consente di modificare colore e dimensione degli elementi solidi selezionati;
- *Elementi solidi e D3 aiuto carico* Permette di attivare le opzioni d'aiuto per l'applicazione dei carichi agli elementi D3 e solidi; in particolare per i solidi permette di visualizzare una delle facce dell'elemento solido ed applicare un carico di pressione o superficie (vedi capitolo 8 Assegnazione carichi: modellazione dei carichi agenti sulla struttura).

Opzioni per elementi solaio e pannello

- *Elementi solaio-pannello* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione e di modificare colore e dimensione degli elementi solaio e degli elementi pannello;
- *Elementi solaio-pannello campitura* Consente di attivare/disattivare le campiture degli elementi solaio e degli elementi pannello (l'opzione funziona solamente se è attiva la *Grafica Avanzata*);
- *Elementi solaio-pannello selezionati*: consente di modificare colore e dimensione degli elementi solaio e degli elementi pannello selezionati;
- *Elementi solaio-pannello orditura* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione e di modificare colore e dimensione del simbolo di orditura degli elementi solaio e degli elementi pannello;
- *Elementi solaio-pannello scarichi* Consente di attivare/disattivare la rappresentazione qualitativa dei carichi applicati dai solai alle travi e alle pareti: colore ciano → scarico corretto, colore magenta → scarico a sbalzo, colore rosso → scarico non corretto;
- *Elementi solaio scala taglio* Consente di variare il rapporto della scala di rappresentazione del diagramma del taglio nel solaio ed il colore del diagramma;
- *Elementi solaio scala momento* Consente di variare il rapporto della scala di rappresentazione del diagramma del momento nel solaio ed il colore del diagramma;
- *Elementi solaio scala armatura* Consente di variare il rapporto della scala di rappresentazione del diagramma dell'armatura del solaio ottenuta dalla progettazione;
- *Elementi solaio mesh* Consente di attivare/disattivare la rappresentazione degli elementi di collegamento dei nodi del campo di solaio.

Opzioni di disegno

Il comando *Opzioni di disegno* attiva il menù omonimo all'interno del quale è possibile modificare le opzioni di disegno dei vari oggetti presenti nella finestra di lavoro per agevolare le operazioni di modellazione ed i controlli visivi sul modello. Con lo stesso menù è anche possibile attivare o disattivare la visualizzazione di alcuni oggetti.

Le opzioni su cui l'utente può intervenire sono legate alla tipologia di oggetto e si possono raggruppare in tre categorie:

- Opzioni di disegno
 X

 Stassi globali
 Colore e scala

 Griglia di base
 Colore e scala

 Sfondo architettonico
 Fili fissi

 Sezioni strutturali
 Effetto esploso

 Effetto cattura nodi
 Effetto cattura elementi

 Linea elastica per picking
 Pulsazione per oggetto catturato

 Usa spessore nullo per D3, Solai e Pannelli
 Viannelli
- *Elemento visibile/non visibile* Attivabile spuntando il quadratino di selezione a fianco del nome dell'elemento. L'opzione non è attiva per alcuni oggetti.
- Colore
- Scala di rappresentazione

Gli oggetti su cui è possibile intervenire sono i seguenti:

- Assi globali Consente di modificare colore e dimensione della terna d'assi che rappresenta il sistema di riferimento globale;
- Griglia di base Consente di modificare il colore della griglia di base;
- Sfondo architettonico Consente di modificare il colore dello sfondo architettonico;
- Fili fissi: consente di modificare il colore delle linee che rappresentano i fili fissi;
- Sezioni strutturali Consente la definizione del colore e dello spessore con cui sono rappresentate le sezioni strutturali (vedi capitolo 14 Generazione delle immagini, degli esecutivi della struttura, della relazione di calcolo e dei computi);

- *Effetto esploso* Consente di attivare/disattivare la visualizzazione separata degli elementi finiti (utile per il controllo delle sovrapposizioni e delle intersezioni degli elementi);
- Effetto cattura nodi Consente di modificare colore e dimensione del riquadro di cattura dei nodi
- *Effetto cattura elementi* Consente di modificare colore e dimensione della doppia linea di cattura degli elementi;
- *Linea elastica per picking* Consente di attivare il disegno di una linea elastica fittizia che collega il puntatore del mouse all'ultimo oggetto su cui si è operato un controllo;
- *Pulsazione per oggetto catturato* Consente di attivare/disattivare l'intermittenza sull'ultimo oggetto su cui si è operato un controllo;
- Usa spessore nullo per D3, Solai e Pannelli Permette di attivare/disattivare lo spessore degli elementi D3, dei solai e dei pannelli nella grafica Solido veloce.

Opzioni dxf

Il menù Opzioni dxf contiene i seguenti comandi:

- Scala architettonico: consente di modificare la scala del file .dxf importato
- Opzioni architettonico: consente di attivare/disattivare lo snap sui punti notevoli del disegno

Interfaccia in lingua

Consente di modificare la lingua dei menù di PRO_SAP scegliendo tra le seguenti:

- Italiano
- Inglese

Finestra principale

I comandi contenuti nel menù *Finestra principale* vanno a modificare l'aspetto dell'interfaccia grafica di *PRO_SAP*. Sono disponibili i seguenti comandi:

- Colore sfondo Consente di impostare il colore dello sfondo della finestra grafica;
- Scala icone per HDPI Consente di attivare il ridimensionamento della grafica per display HDPI;
- Usa colori di stampa Modifica i colori della finestra grafica con quelli utilizzati in fase di stampa
- Imposta testi speciali Consente di impostare le stringhe di testo da inserire nel modello in fase di stampa;
- Dividi finestra Consente di dividere la finestra grafica in quattro parti per avere contemporaneamente diverse viste della struttura; è possibile ripristinare una sola vista in qualsiasi momento utilizzando il comando *Unisci finestra*;



- *Ricorda stato finestre* Consente di memorizzare la vista corrente del modello per le successive sessioni di lavoro;
- *Finestra proprietà a sinistra* Consente di spostare la tabella delle proprietà degli elementi strutturali sul lato sinistro della finestra grafica di *PRO_SAP;*
- Assi di riferimento Consente di impostare la posizione del riferimento scegliendo se visualizzarli nell'origine oppure in una determinata posizione della finestra grafica indipendentemente dalla posizione dell'origine.

Grafica avanzata

Consente di accedere al menù per le impostazioni grafiche avanzate, tra cui il gradiente di riempimento della finestra grafica e le trasparenze nella rappresentazione degli elementi strutturali.

Uso colori

Il comando *Uso colori* consente di gestire la colorazione degli elementi strutturali. A seconda del tipo di elemento sono disponibili diversi criteri per attribuire la colorazione agli elementi strutturali:

- *Standard* Colorazione determinata automaticamente senza nessuna logica precisa;
- *Layer* Colorazione attribuita in base al layer di appartenenza dell'elemento;

Opzioni di colorazione X			
Uso colori			
Colore nodi	Standard	•	
Colore D2	Sezione	-	
Colore D3	Spessore	•	
Colore Solidi	Standard	-	
Colore solai	Carico	-	
Colore architettonico	Standard	-	
Tavolozza dei colori			
1 <u>·</u> Modifica			
OK Annulla			

- *Materiale* Colorazione attribuita in base al materiale assegnato all'elemento;
- Sezione Colorazione attribuita in base alla sezione assegnata all'elemento strutturale (disponibile solo per gli elementi D2);
- *Spessore* Colorazione attribuita in base allo spessore dell'elemento strutturale (disponibile solo per gli elementi D3);
- Criterio Colorazione attribuita in base al criterio di progetto assegnato all'elemento strutturale;
- *Esposizione incendio* Colorazione attribuita in base all'esposizione all'incendio dell'elemento (disponibile solo per gli elementi D2 e per gli elementi D3 ed attivo solamente con la grafica *linee nascoste veloci*);
- *Carico* Colorazione attribuita in base all'archivio di carico assegnato all'elemento (disponibile solo per gli elementi solaio);
- *Alternanza* Colorazione attribuita in base all'alternanza del carico accidentale (disponibile solo per gli elementi solaio).

Oltre al criterio, è anche possibile personalizzare il tipo di colore assegnato agli elementi strutturali. Per effettuare questa modifica è necessario:

- 1. Impostare la regola con cui attribuire il colore agli elementi strutturali;
- 2. Selezionare il numero dell'archivio da modificare con l'apposito contatore;
- 3. Cliccare sul comando modifica;
- 4. Impostare il colore desiderato.

Numerazioni

Il comando *Numerazioni* attiva la finestra *Opzioni di numerazione* che consente di attivare o disattivare la numerazione degli elementi strutturali e degli oggetti:

- Cornice elementi Consente di attivare/disattivare la numerazione dei singoli elementi strutturali;
- *Cornice archivi* Consente di attivare/disattivare la numerazione degli archivi. Con questi comandi è possibile visualizzare per ogni elemento il criterio di progetto, la sezione, il materiale, la fondazione, l'isolatore e l'archivio di carico assegnato;
- Cornice Gruppi di Elementi Consente di attivare/disattivare la numerazione dei macroelementi
- Fili fissi Consente di attivare/disattivare la numerazione dei fili fissi;
- Archivi in box di selezione Consente di attivare/disattivare la numerazione delle proprietà assegnate agli elementi strutturali all'interno della tabella delle proprietà;
- Numera selezione Consente di visualizzare la numerazione dei soli elementi strutturali selezionati.

È possibile personalizzare colore e carattere del testo della numerazione con gli appositi comandi *Colore* e *Testo*. Con il comando *Setta numerazione* presente nel menù *Preferenze* è possibile eseguire la rinumerazione degli elementi strutturali.



L'opzione *Usa sempre nome di default* consente di mantenere il nome di default negli archivi, se l'opzione è attiva PRO_SAP utilizzerà in tutti gli archivi sia il nome di default che il nome personalizzato, sommando le due stringhe di testo; viceversa se l'opzione non è attiva, viene assegnato all'archivio solamente il valore numerico, nel caso in cui la stringa identificativa venga lasciata vuota, oppure la stringa personalizzata nel caso che venga compilata dall'utente.

Storge identificative	Pilastro P.T.		
Generalità	Contraction and		
Utilizzo previnte	per elemention c.e.		
Dimensioni			
bate B	30.0 (cm)	P	
altezza H	40.0 (cm)	and a second	
		Tabala calle success Data associa Annature longitudinale fection prevente And unique Andia coopeale	
		经收购股股	Cope
		Plasts P.TReturnation 5-3511-40	

Normative

Il comando *Normative* permette di selezionare le normative da impiegare nella progettazione degli elementi strutturali.

Nella tabella è presente una cornice per ogni materiale che può essere progettato automaticamente dal programma e l'elenco di normative disponibili. È anche presente un comando *Avanzate* che consente all'utente di personalizzare alcuni parametri utili per analisi avanzate. Nella cornice *Sismica* è possibile specificare se si tratta di un edificio esistente o meno, in questo modo si attivano gli automatismi previsti dal programma per l'analisi e la verifica di strutture esistenti.



L'opzione *Sismica esistenti*... consente di attivare/disattivare la scansione automatica per la determinazione della PGA di strutture esistenti.

Nelle precedenti versioni di PRO_SAP le verifiche per edifici esistenti dovevano essere attivate manualmente all'interno di questa finestra, ora vengono attivate automaticamente se nelle proprietà del materiale è attiva l'opzione *Materiale esistente*.

Unità di misura

Le unità di misura di default di *PRO_SAP* sono i daN per le forze ed i cm per le lunghezze. Tuttavia il programma permette all'utente di personalizzare le unità di misura sia per i dati in ingresso che per i risultati forniti.

Alcune unità di misura non sono personalizzabili dall'utente ed è obbligatorio utilizzare quelle imposte dal programma. Questo avviene per esempio nell'archivio delle sezioni in cui è obbligatorio utilizzare i cm, oppure nella tabella per la definizione dei fibrorinforzi in cui è obbligatorio utilizzare N e mm. Le unità di misura da utilizzare sono esplicitamente segnalate in tutte le finestre dove è obbligatorio un determinato tipo.

Tabella delle unit	tà di misura	×
┌ Dati in ingresso —		
Coordinate nodi:	cm (centimetro) 💌	
Geom. sezioni:	cm e mm	
Materiali:	cm (centimetro) 💌	daN (decaNewto 💌
Carichi:	cm (centimetro) 💌	daN (decaNewto 💌
Dati in uscita		
Spostamenti:	cm (centimetro) 💌	
Sollecitazioni:	cm (centimetro) 💌	daN (decaNewto 💌
Tensioni:	cm (centimetro) 💌	daN (decaNewto 💌
	ок	Annulla



Il programma prevede due distinte misure angolari: per le operazioni di editing, di controllo

armature, ecc...si utilizzano gradi sessagesimali; per i risultati delle analisi (rotazioni), i carichi (spostamenti impressi) e le rigidezze (vincoli elastici) si utilizzano i radianti.

Tolleranze

L'utente può personalizzare le tolleranze per la modellazione dei nodi e degli elementi della struttura. Il comando *Tolleranze* permette di accedere alla finestra *Tabella di controllo tolleranze*.

Tabella di controllo tolleranze	×
Tolleranze per nodi 0.05 Min scostamento nodi (cm) (valore suggerito 0.05 cm)	Tolleranze per elementi D3 3 Max inclinazione setti (gradi) (valore suggerito 3 gradi) 3 Max angolo per raggruppamento D3 (gradi) (valore suggerito 3 gradi)
Tolleranze per elementi D2 25 Max angolo orizzontale travate in c.a. (gradi) (valore suggerito 25 gradi) 45 Max angolo travate in c.a. (gradi) (valore suggerito 45 gradi) 3 Max angolo allineamenti in acciaio (gradi) (valore suggerito 3 gradi) 0.5 Scostamento ascisse (x) per orientamento travi (gradi) (valore suggerito 0.5 gradi) 0.5 Scostamento orizz, per pilastri (gradi) (valore suggerito 0.5 gradi)	Tolleranze per elementi solaio-pannello 0.05 x superficie struttura = area minima del solaio per influenzare la definizione dei macroelementi [valore suggerito 0.05] 75 Max pendenza solai (gradi); per valori superiori esclusivamente pannelli (valore suggerito 75 gradi) 0.5 Scostamento orizz. per pannelli verticali (gradi) (valore suggerito 0.5 gradi)
	OK Annulla

Tolleranze per nodi

• *Minimo scostamento nodi* Definisce la distanza minima tra due nodi. Se due nodi si trovano ad una distanza inferiore a quella impostata il check dati struttura li rileva come nodi sovrapposti e procede alla correzione automatica dell'errore eliminando uno dei due.

Tolleranze per elementi D2

- Massimo angolo orizzontale travate in c.a. (gradi) Definisce il massimo angolo orizzontale tra un elemento D2 ed il successivo affinché siano considerati entrambi appartenenti alla medesima travata; se l'angolo tra due elementi supera questo valore il programma, durante la costruzione dei macroelementi, li pone in travate differenti;
- *Massimo angolo travate in c.a. (gradi)* Definisce il massimo angolo verticale tra un elemento D2 ed il successivo affinché siano considerati entrambi appartenenti alla medesima travata; se l'angolo tra due elementi supera questo valore il programma, durante la costruzione dei macroelementi, li pone in travate differenti;
- *Massimo angolo allineamenti in acciaio (gradi)* Definisce il massimo angolo tra un elemento D2 in acciaio ed il successivo perché siano considerati entrambi appartenenti allo stesso allineamento;
- Scostamento ascisse (x) per orientamento travi (gradi) Definisce il massimo scostamento in direzione X tra due elementi trave successivi affinché siano orientati nello stesso modo;
- Scostamento orizzontale per pilastri (gradi) Definisce il massimo scostamento orizzontale tra il nodo inferiore e quello superiore di un elemento D2 perché il programma lo consideri un pilastro. Se lo scostamento tra i nodi supera il valore impostato il programma considererà l'elemento una trave.

Tolleranze per elementi D3

- Massima inclinazione setti (gradi) Definisce la massima inclinazione di un elemento D3 rispetto all'asse Z affinché questo appartenga agli elementi setto. Se l'inclinazione supera il valore impostato l'elemento è considerato un guscio;
- Massimo angolo per raggruppamento D3 (gradi) Definisce il massimo angolo tra un gruppo di elementi D3 e quelli adiacenti perché siano considerati tutti appartenenti allo stesso macroelemento. Se l'angolo supera il valore impostato, durante la fase di costruzione dei macroelementi, il programma considererà gli elementi D3 appartenenti a macroelementi differenti.

Tolleranze per elementi solaio-pannello

- x superficie struttura Area minima del solaio per influenzare la definizione dei macroelementi;
- Max pendenza solai (gradi) Definisce il massimo angolo di inclinazione di un elemento solaio rispetto all'orizzontale. Quando l'inclinazione dell'elemento supera questo valore non è possibile considerare l'elemento un solaio ma dovrà essere obbligatoriamente considerato un pannello;
- Scostamento orizzontale per pannelli verticali (gradi) Definisce l'angolo di inclinazione oltre il quale non si considera più il pannello verticale. Se l'inclinazione supera il valore inserito e quindi il pannello non è considerato verticale non è possibile utilizzarlo per eseguire automaticamente le verifiche di

espulsione della tamponatura. Quando il pannello non è verticale si modifica automaticamente il sistema di riferimento locale del pannello: per i pannelli verticali l'asse locale 1 è parallelo all'asse X, per i pannelli non verticali l'asse locale 1 è parallelo all'asse Z.

Formati tabelle

Il comando *Formati tabelle* consente di definire il numero di cifre decimali previste all'interno delle finestre con tabelle ed ha effetto sulle tabelle presenti in tutti i contesti di lavoro di *PRO_SAP*.

Gestione dei modelli

In ogni sessione di lavoro di *PRO_SAP* è consentito aprire una sola struttura, tuttavia è possibile aprire più sessioni di lavoro contemporaneamente per poter modellare due strutture in parallelo o spostare modelli e/o sottostrutture da un file ad un altro.

Si consiglia comunque di non lanciare mai l'analisi contemporanea di due o più modelli.

È possibile accedere ad un modello esistente cliccando sul menù *File* e poi attivando il comando *Apri*, che consente di ricercare, all'interno del PC, la posizione di un file in formato *.psp* oppure selezionando uno dei *Documenti recenti* per richiamare un modello utilizzato recentemente.



Se è in corso una sessione di lavoro e si desidera aprire un nuovo modello all'interno della stessa sessione *PRO_SAP* prima chiuderà la sessione corrente, successivamente aprirà l'archivio desiderato. Prima di aprire il nuovo modello bisogna ricordarsi di salvare quello su cui si sta lavorando.

Salvataggio automatico

Quando si lavora ad un modello è consigliabile salvare i dati di frequente soprattutto prima di eseguire le analisi e la progettazione degli elementi strutturali. Il salvataggio evita la perdita del lavoro svolto in caso di caduta di tensione o di altri eventi imprevisti.

PRO_SAP dispone di una funzione di salvataggio automatico che permette all'utente di non perdere il lavoro eseguito in caso di problemi al sistema operativo. Con il comando *Salvataggio automatico* presente nel menù *File* è possibile indicare l'intervallo massimo tra un salvataggio ed il successivo ed è inoltre possibile recuperare l'ultimo backup salvato correttamente dal programma.

Con il salvataggio automatico vengono realizzati due file di backup:

- 1. il file *backup.psp* nella cartella dell'utente
- il file con estensione .bak nella cartella data del modello (ad esempio per il file modello1.psp viene creato automaticamente il file modello1.bak in modello1_data).

Per aprire questo backup è sufficiente modificare l'estensione da .bak a .psp

Salvataggio di un modello e uscita da PRO_SAP

Si possono salvare i dati con i comandi:

- 1. Salva all'interno del menù File
- 2. Salva nella barra di accesso rapido

Se il lavoro è già stato salvato in precedenza *PRO_SAP* salverà tutte le modifiche nel medesimo archivio altrimenti viene visualizzata la finestra di dialogo *Salva con nome* per assegnare un nome al modello. Nel caso si faccia clic sul comando esci ma non siano state salvate le modifiche apportate al modello, prima di chiudersi, *PRO_SAP* chiede all'utente se desidera salvare i dati.

Esempi guidati

Esercitazioni guidate all'uso di PRO_SAP

Gli esempi guidati illustrano alcune funzionalità del software ed aiutano l'utente a muovere i primi passi nella modellazione, analisi, progettazione e verifica di strutture in cemento armato, acciaio, muratura e legno con *PRO_SAP*. In allegato al software sono distribuiti anche i modelli utilizzati per realizzare gli esempi per consentire agli utenti già esperti di modellazione di saltare questa parte ed approfondire solamente la fase di controllo dei risultati e progettazione e la verifica della struttura. Per maggiori approfondimenti sulla modellazione, la progettazione e la verifica di strutture con *PRO_SAP* si rimanda ai videocorsi disponibili all'indirizzo internet *www.2si.it/video.php*

• Esempio guidato 1: Introduzione all'uso di PRO_SAP

In questo esempio introduttivo vengono descritte alcune semplici procedure che consentono di sperimentare direttamente la progettazione con PRO_SAP. Viene illustrato come modellare facilmente gli elementi strutturali con i generatori automatici messi a disposizione dal programma partendo dall'importazione di un disegno architettonico.

• Esempio guidato 2 - Progetto di un telaio tridimensionale in cemento armato

In questo esempio si descrive il calcolo completo di una struttura in cemento armato formata da un telaio tridimensionale composto da pilastri, travi e solai di piano modellata con un generatore automatico di strutture. Si esegue un'analisi dinamica lineare e la progettazione agli Stati Limite secondo il D.M. 18.

• Esempio guidato 3 - Progetto di una struttura in acciaio

In questo esempio viene eseguito il calcolo completo di una struttura in acciaio formata da una capriata e due pilastri. La modellazione viene eseguita con l'ausilio di un generatore automatico e la progettazione agli Stati Limite secondo il D.M. 18.

• Esempio guidato 4 - Verifica sismica di un edificio in muratura

In questo esempio viene eseguita la verifica sismica di un edificio in muratura. Viene effettuata un'analisi statica lineare e la progettazione agli Stati Limite secondo il D.M. 18.

• Esempio guidato 5 - Verifica di una copertura in legno

In questo esempio viene effettuata la progettazione e la verifica di una capriata di copertura in legno. Le verifiche sono eseguite agli Stati Limite secondo il D.M. 18.

• Esempio guidato 6 - Analisi dell'interazione terreno-struttura

In questo esempio viene studiata l'interazione terreno-struttura. Si utilizza a tal proposito una struttura in cemento armato formata da un telaio tridimensionale composto da travi, pilastri e solai di piano che poggia su travi di fondazione. La progettazione sismica è eseguita agli Stati Limite secondo il D.M. 18.

• Esempio guidato 7 - Verifica di un edificio esistente

In questo esempio viene eseguita la verifica di una struttura esistente. Si utilizza allo scopo una struttura in cemento armato formata da un telaio tridimensionale composto da travi, pilastri e solai di piano. Viene eseguita un'analisi dinamica lineare e la verifica con il metodo dello spettro elastico secondo il D.M. 18.

• Esempio guidato 8 - Verifica di resistenza al fuoco di un edificio in cemento armato

In questo esempio si illustra la procedura per effettuare la verifica di resistenza al fuoco di un edificio in cemento armato. Si considera a tal proposito una struttura formata da un telaio tridimensionale composto da travi, pilastri, pareti e solai di piano con verifiche eseguite secondo il D.M. 18 ed UNI EN 1992-1-2.

• Esempio guidato 9 – Modellazione tridimensionale con elementi solidi

In questo esempio si illustra la procedura per la modellazione tridimensionale utilizzando elementi solidi. In particolare verrà realizzata la mesh di una torre che presenta aperture nelle pareti.

Esempio guidato 1

Introduzione all'uso di PRO_SAP



Esempio guidato 1 - Introduzione all'uso di PRO_SAP

In questo esempio introduttivo vengono descritte alcune semplici procedure che consentono di sperimentare direttamente la progettazione con PRO_SAP. Viene illustrato come modellare facilmente gli elementi strutturali con i generatori automatici messi a disposizione dal programma partendo dall'importazione di un disegno architettonico. Per maggiori approfondimenti sulla modellazione si rimanda ai videocorsi disponibili all'indirizzo internet *www.2si.it/video.php*

Apertura dell'esempio

Per aprire l'esempio è necessario utilizzare i seguenti comandi: Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio1.psp

Se invece si desidera eseguire la modellazione della struttura da zero, aprire una nuova sessione di PRO SAP e seguire le indicazioni dei punti successivi.

Importazione di un file .dxf

Per importare un file DXF è sufficiente utilizzare l'apposito comando *Importa dxf*. Va selezionato il file <u>esempio1.dxf</u> che è possibile trovare nella cartella degli esempi di *PRO_SAP*.

Una volta selezionato il file, il programma richiede quali layer è necessario importare: in questo esempio verranno importati tutti i layer presenti nel dxf utilizzando l'apposito comando *Seleziona tutto*. Tuttavia è possibile importarne solo alcuni spuntando il loro nome nell'elenco; questa funzione è utile per escludere eventuali layer non utili ai fini della modellazione per esempio quelli che contengono tratteggi, retini od elementi non strutturali.

OEFF0	INTS	
PLANO PLANO	TERRA	

L'architettonico è quello mostrato in figura:





Le quote vengono lette direttamente dal file .dxf e non sono modificabili quindi nel CAD è opportuno modellare la struttura partendo dall'origine degli assi, in modo da ritrovarla in questa posizione anche in PRO_SAP.

Modellazione degli elementi strutturali

In questo esempio, per modellare la struttura, ci si avvale dei generatori di *PRO_SAP* che automatizzano la definizione di muri, telai ed altre tipologie di elementi.

Travi di fondazione

È possibile nascondere alcuni layer non necessari per le operazioni in corso. Per modellare le travi di fondazione, per comodità, si rende visibile solamente il layer ASSI che era presente nel dxf importato. Per farlo è necessario accedere alla *Tabella dei layer* con il comando *Layer*. Prima si spengono tutti i layer con il comando *Tutti OFF*, successivamente si attiva solo il layer ASSI.

-	-		-	۰.
100	-		~	
-	-			۰.
	-			-
	~	-		e



In questo modo sono visibili solamente le linee d'asse delle travi di fondazione, come riportato in figura:



Prima di poter modellare le fondazioni è necessario definire gli archivi, dei database che contengono tutte le informazioni per definire gli elementi strutturali. In questo caso sarà necessario introdurre nell'archivio delle sezioni una sezione adatta per delle travi di fondazione. Si accede all'archivio con il comando **Dati struttura** ► **Sezioni**. Nella cartella sezioni generiche si seleziona la sezione a T rovescia e si introduce la geometria come riportato in figura.

👘 Dati struttura



Dopo aver inserito le dimensioni della sezione è necessario cliccare su *Ok* e su *Applica* per confermare le modifiche.

Se non si clicca su *Applica* la sezione non verrà definita.



Una volta definita la sezione è necessario utilizzare il comando **Setta** ► **Setta riferimento d2** per indicare al programma di sfruttarla per la generazione delle travi.

Per modellare le travi è necessario impostare le proprietà degli elementi d2 come in figura:

Imposta proprieta di idenmento D2	0 🖬
22 4 1 3 1 1	- 142
B Generalità	
Elemento tipo	/ Trave
Sectore	[1] T rovessia: bi:: 100.00 ht:: 80.00 ba:: 30.00 hi:: 30.00
Rotazione	0.0 (gradi)
Materiale	[L] Calcestruzzo Classe C25/30
Criterio di progetto	(L) Criterio di progetto DM08
Condizioni ambientali	Ordinarie X0
Filo fisso	elemento in asse
Layar	Layer 0
📋 Usa tratti rigidi	C PARAMIT
🗏 Travi TTRC	
🔲 Usa tecnologia TTRC	
E Interazione terreno	
Fondatione (faccia inferiore)	
Kterr. vart.	1.0 [daN/cm3]
Kten.onz.	1.0 (daWom3)

Dopo aver impostato il riferimento si usa il comando *Elemento d2* ► *Genera elementi d2 da file esterno* che crea automaticamente le travi, come si vede in figura (in vista *Solido veloce*):



Genera elementi D2 da file esterno

elementi d2 può essere utile cliccare sul comando *Edita* e selezionare a campione alcuni elementi per controllare le proprietà che gli sono state assegnate.



Modellazione di un telaio in cemento

Per modellare un telaio in cemento armato al di sopra delle travi di fondazione si apre la *Tabella dei layer* e si rendono visibili tutti i layer presenti nel modello. Si usa il generatore di telai con il comando *Genera* ▶ *Telai* e per la definizione degli elementi si sfruttano i nodi presenti nel disegno:





Una volta generati gli elementi strutturali è necessario definirne le caratteristiche geometriche. Si entra nell'archivio delle sezioni, in posizione 2 si definisce una sezione per i pilastri ed in posizione 3 una per le travi, entrambe rettangolari:

Dat sezone Amatus teoversite Amatus kongtudinale Sezona generative Politi seruptici Politi secoppidi	base B= [30.0	
	altezza H= 50.0	H
Cope (invit) Retangolate: b=30.00 h=50000 Applica	Esci OK Esci	



🔰 Setta 🔻

Setta Riferimento Nodo

Setta Riferimento D2

- Setta Riferimento D3
- Setta Riferimento Solidi
- Setta Riferimento Solai

- 🗸

Dopo aver definito le sezioni è necessario cliccare su *Applica* per confermare le modifiche: se non si clicca su *Applica* la sezione non verrà definita.

Per applicare le sezioni così definite agli elementi è necessario utilizzare il comando **Setta ► Setta riferimento d2**

Per i pilastri vanno definite le proprietà riportate in figura:

Imposta proprietà di ilferimento	02 4 🙆
 Generalità 	
Elemento tipo	/ Tiove
Sezione	[2] Rettangolare: b=30.00 h = 50.00
Rotazione	0.0 [gmdi]
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
Condizioni ambientali	Ordinarie X0
Filo fisso	elemento in asse

Successivamente per assegnarle agli elementi si usa il comando *Setta riferimento* presente nella tabella delle proprietà, si selezionano tutti i pilastri sfruttando il comando *Seleziona con proprietà*, si clicca con il tasto destro all'interno della finestra grafica di *PRO_SAP* e si usa il comando *Assegna riferimento*.



Proprietà 🔹

Mad	Ta	Assegnation
F Vecalule F Liber	Secone non telliante	Analysis Sedione Analysis Materia
	Makende non ettante	Anicare Orlanda
Element D2 F Ade F Travi elevador	Archiko di çakorran infaatia	Assegna Expositione
P Pietri / Trantondazer	W Science () E in influence (Allengine Twill Call
Elemente 0.3	(j) (k) (j = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 = 1 =	Acceptunteo
F Mendaare F Doct elevade F Deti F Duso londaas		Annual Conta Annual Tao
Flement sold	The second statement and state	And all the Paristance
F Stondard F Carifordoran	1 F Solei o bakani	Averges Werts rate
	(H	Setta & Altoneerts

Per assegnare le proprietà alle travi si devono ripetere le stesse operazioni, le proprietà da assegnare sono le seguenti:

Imposta proprietà di ilferimento	02 4 🙆
2	
🗇 Generalità	
Elemento tipo	/ Trave
Sezione	[3] Rettangolare: b=30.00 h =40.00
Rotatione	0.0 [gradi]
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
Condizioni ambientali	Ordinarie XD
Filo fisso	elemento in asse

Per verificare la corretta generazione degli elementi d2 può essere utile cliccare sul comando *Edita* e selezionare a campione alcuni elementi per controllare le proprietà che gli sono state assegnate.



Modellazione del vano ascensore

Anche per la modellazione del vano ascensore si sfrutta il dxf importato in PRO_SAP. Si individua la zona dove modellare il vano direttamente sulla pianta dell'edificio:

Il vano ascensore viene modellato tramite una mesh di elementi d3 di tipo shell. Per modellare correttamente la mesh è necessario creare alcuni nodi aggiuntivi che non è possibile individuare sulla pianta utilizzando il comando *Nodi* ► *Nodo proiezione*.



J. Nodo proiezione

Il comando nodo proiezione genera un nuovo nodo proiettando un nodo esistente su una retta indicata dall'utente. Vengono richiesti prima i due nodi che identificano univocamente la retta sulla quale eseguire la proiezione (nodi A e B) e successivamente le coordinate del nodo esistente da proiettare (nodo C). In questo modo si ottiene il nodo C'

x redo ine- (16800	y nodo mi+ (FE20.0	a nedo nev (0.0
a works for- (227/0.0	y rodo \$r + (15210	2 Node forw \$100
eferteerin= 1545.0	protectmento» (2055.0	c ifemento ~ 0.0

Creati i nodi è necessario impostare le proprietà degli elementi d3 che verranno utilizzati per la modellazione dei setti. Si usa il comando Setta > Setta riferimento d3 e si assegnano le proprietà come illustrato in figura.

1	setta 🔻	Imposta proprietà di riferimer	nto D3 🛛 📮 🔯
50.1	Setta Riferimento Nodo		
1	Setta Riferimento D2	Elemento tipo	🞒 Shell
4	Setta Riferimento D3	Spessore	10.0 [cm]
0	Satta Diferimento Solidi	Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
-	Setta Kiterimerito Solidi	Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
1	Setta Riferimento Solai	Condizioni ambientali	Ordinarie X0

Con il comando mesh d3 verticale è possibile generare le pareti. È necessario cliccare sui nodi di estremità delle pareti e delle aperture. Inoltre è necessario cliccare anche su eventuali nodi intermedi per fare in modo che il programma faccia passare la mesh anche per questi nodi così che non ci siano problemi nel modellare le pareti ortogonali che concorrono nello stesso nodo. M

0 10 X

1010 -02

		general mesh kertizale		9
	BCD	x rodo pros + [15/50] x rodo com + [15/50] allecca meth - [200.5]	y reado pera - (2000.0 y reado com - (2000.0 reaudativas - (T	000 - serg abors 000 - reo obens 14 - tery bbas s
		Ce	Enst	¥
		gesera mesh verticale		
		x rodo prec.+[1585.0 x rodo com +[1585.0 allecta reach +[1585.0	y nodo pesc > [21851] y nodo con > [15203] nuexitárian > [10	2 sods area - 55 2 rado con - 55 maaddwet - 4
	THE			눈
. ///	nnnr			



en nettiveticale	2. 199	(C) (B)
x rodo pres = (17951) x rodo cor = (1890) decta meth = (3501)	y rado perc. > [1520.0 y rado cor > [1520.0 h auddinis > [1	2 rodo pro - 100 E rodo con - 100 E rodo con - 100
CK	Ensi	(i - 1)

genera medi versicale		
x rodo pres = [163(1) x rodo cor = [163(1) alterna routh = [263(1)	y nedo prec > (2270)) a nodo com - (2285) mandeline - (4	2 rodo prec = [11] 2 rodo cor = [12] 3 rodo cor = [2
CK]	Ensi	序 一:



generati in corrispondenza delle stesse e cancellarli utilizzando il comando *Elimina* ► *Elementi con nodi*.

Il risultato dovrebbe essere quello illustrato nell'immagine seguente (in vista Solido veloce):



Modellazione di una scala elicoidale

Si procede alla modellazione di una scala elicoidale andando ad individuare la zona dove generare gli elementi strutturali direttamente sulla pianta della struttura importata.



Si ricorre al comando **Nodi** ► **Nodo singolo** per generare un nodo che servirà come base per la scala. Le coordinate del nodo vanno indicate sulla base del sistema di riferimento globale e sono quelle riportate in figura:



Si definisce la sezione da assegnare agli elementi che modellano la scala con il comando **Dati struttura** ► **Sezioni** impostando nella posizione 4 dell'archivio una sezione rettangolare con le caratteristiche riportate in figura:

Tabella delle seconi	8	geometria sezione	23
Second generative Public amples Public accoppedia		base B= 80.0 attezza H= 20.0	H
Petangolae: b-10:00 h-2000	Own per Accielo Argeno Coppe transfe Annella Boi Applica Argenta	OK Es	

Data la sezione è necessario cliccare su *Applica* per confermare le modifiche (se non si clicca su *Applica* la sezione non verrà creata).

Si impostano le proprietà degli elementi d2 con il comando Setta > Setta riferimento d2:

and an all	Imposta proprietà di riferimer	nto D2 🛛 🗜 🕅
> Setta		Trave
 Setta Riferimento Nodo 	Sezione	[4] Rettangolare: b=80.00 h
🖌 Setta Riferimento D2	Rotazione	0.0 [gradi]
Setta Riferimento D3	Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
Catta Difacinganta Calidi	Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
Setta Riterimento Solidi	Condizioni ambientali	Ordinarie X0
Setta Riferimento Solai	Filo fisso	elemento in asse

Per modellare la scala si utilizza il comando *Elementi d2* ► *Elicoidale d2* che consente di generare una serie di elementi d2 secondo una distribuzione elicoidale. Vengono richiesti il centro, l'altezza, il raggio ed il numero di elementi in cui suddividere la circonferenza. In questo caso il centro sarà il nodo appena creato e gli altri parametri andranno impostati come in figura:

rabione elementi () i elio	sidale	6
controls = [30,3 ragger = [10] de cercari = [24	sento y - <u>1985.5</u> sknuz - [38]	centro z = <u>(0)</u>

Si ottiene il risultato rappresentato nell'immagine:


Esempio guidato 2

Progetto di un telaio tridimensionale in cemento

armato



Esempio guidato 2 - Progetto di un telaio tridimensionale in cemento armato

In questo esempio si descrive il calcolo completo di una struttura in cemento armato formata da un telaio tridimensionale composto da pilastri, travi e solai di piano modellata con un generatore automatico di strutture. Si esegue un'analisi dinamica lineare e la progettazione agli Stati Limite secondo il D.M. 2018. Per maggiori approfondimenti sulla modellazione di strutture in cemento armato si rimanda ai videocorsi dedicati disponibili all'indirizzo internet *www.2si.it/video.php*

Apertura dell'esempio

Per aprire l'esempio è necessario utilizzare i seguenti comandi: Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio2.psp

Se invece si desidera eseguire la modellazione della struttura da zero, aprire una nuova sessione di PRO SAP e seguire le indicazioni dei punti successivi.

Normative ed archivi

Normative utilizzate

Con il comando **Preferenze** ► **Normative** si accede alla finestra che consente di selezionare le normative da utilizzare nel calcolo. In questa finestra è possibile accedere anche ai comandi avanzati che permettono di modificare alcuni parametri da utilizzare nelle verifiche della struttura. Di default il programma utilizza il D.M. 2018 per il progetto e la verifica degli elementi strutturali.

Cemento armato	Acciaio	Legno	Muratura —
D.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018	@ D.M.2018
© D.M. 2008	C D.M. 2008	C D.M. 2008	C D.M. 2008
C EC 2	C EC 3	C EC5	C D.M. 87
C D.M. 96	C CNR 10011	C REGLES C.B.71	C EC 6
	© ENV1993-1994		C D.M. 2005
	C AISC		
Avanzate	Avanzate	Avanzate	
Sismica		Resistenza al fuoco	
D.M. 2018	C D.M. 2005	Avanzate	
C D.M. 2008	🔿 Ordinanza 3274		
C EC 8	C D.M. 96		
Verifiche sismiche per edificio esistente	Avanzate		OK An



Definizione degli archivi

PRO_SAP attinge le informazioni necessarie alla modellazione degli elementi strutturali da diversi archivi completamente personalizzabili dall'utente; i principali sono: *Sezioni, Materiali, Fondazioni, Solai e* coperture.

Definizione dell'archivio delle sezioni

Nell'archivio delle sezioni è possibile specificare le sezioni che si intendono assegnare agli elementi strutturali. Vi si accede con il comando **Dati struttura** ► **Sezioni**.

🕸 Dati struttura 🔻

In questo esempio saranno necessarie tre sezioni: una a T rovescia per le travi di fondazione e due sezioni rettangolari, una per i pilastri, l'altra per le travi.

Per creare la sezione a T rovescia per le travi di fondazione bisogna cercare il comando Sezione a T rovescia all'interno della scheda Sezioni generiche contenuta nella Tabella delle sezioni. Facendo doppio clic

sull'immagine della sezione si accede alla finestra *geometria sezione* che permette di definire le dimensioni dei lati della sezione. Una volta inserite le misure come da immagine sottostante è necessario premere il tasto *Ok* e successivamente *Applica* per confermare le modifiche.



Per procedere con la creazione della seconda sezione, quella rettangolare per le travi in elevazione, premere il contatore per portarsi in posizione 2.

Analogamente a quanto fatto per la sezione a T rovescia si deve accedere alla scheda *Sezioni generiche*, cercare la sezione generica rettangolare e fare doppio clic sull'immagine della sezione. Nella finestra *geometria sezione* si devono inserire le misure di base ed altezza come da immagine sottostante.

Una volta creata la sezione è necessario premere *Applica* per confermare le modifiche. Se non si preme il pulsante *Applica* la sezione non verrà creata.

	gronetia socre,		-8
Levels tells upper	Simga shartificativa Ganarabia Utilato previsita Dispersioni Isson 9 adverse 11	perdement inca 1000 (cm) 1000 (cm)	Ū.
Datisazzone Annatura Halinersale Annatura tengtudinate Sectore generative Politi acceptual Politi acceptual			
Fettingnare 3-30 fr-40	pin		17. NOAM

Per definire la sezione dei pilastri, avanzare con il contatore alla terza posizione dell'archivio e ripetere le operazioni descritte in precedenza.

		permits where		*
TableRe della suggest		Stings dontficatos Generalită Utilezo provisto Diseancient base 8 alterna 11	perofermenti in c.a. 40.8 (pro) 40.8 (pro)	Ū.
Dati secore Anastas tesessae Arctaco longtadinoe Social ganerolu Profil secolul Profil secolul				
	Cope			
Feltingstan 9-403/40	Applica 0 +			CR: Annula

Nei pilastri si vogliono utilizzare le staffe a quattro braccia. Questa scelta va indicata all'interno dell'archivio delle sezioni, nella cartella *Armatura trasversale* come riportato nella figura seguente:

See Dati No	olani gera Islatione Refora o o	Anglas Anglas	Picki sergir a licasersale ekà en oraj	u An	raiogization		
6) H				Corriso	no outina		
Deac	2X 4		(C)	20	wp (20		
5000	a a pe	e per noti p	Res. Porps	aste upter	e-cetsio	10000	and should be
	100	- 41	0.00	wu	13333.200	2442	
wì	4D.0	4.1	40.0	we	113333 333	Copil	1.000
1.1	120.0		900.0	1.4	110	Sec. 1	-

Il primo valore è il numero di braccia all'interno del pilastro, il secondo quello all'interno del nodo. In questo caso si suppone di utilizzare lo stesso diametro e lo stesso numero di braccia per pilastro e nodo.

Definizione dell'archivio dei materiali

L'archivio dei materiali contiene le caratteristiche meccaniche dei materiali. *PRO_SAP* dispone di un archivio precompilato con diversi materiali definiti con i valori tipici dati dal D.M. 2018; è tuttavia possibile sia aggiungere nuovi materiali all'archivio che modificare quelli esistenti.

Si accede all'archivio dei materiali tramite il comando Dati struttura > Materiali.

🞕 Dati struttura 🔻

In questo esempio verrà assegnato agli elementi come materiale un calcestruzzo classe C25/30 che si trova in posizione 1 nell'archivio dei materiali.

	Defective pripriets material	dorra.	*
	Stringa identification		
	in Resistence		
	Residences Ric	300.0 [da%/cm2]	
	Residents for	25.50 Jeb/M/cmil/3	
	Danto-pletico		
Tabella dei materiali 🛛 🕹 🗙	Generalitä		
	Peeo specifico	2:5000e-03 [doN/un3.]	
	Dilatatione termina	1.0000#-05-[1/C]	
♥ ◇ ♥ ♥ ♥	Smatamento	5.0	
	Costanti elastiche		
Materiale corrente	Modulé E	3544700 (databand)	
Colosofruzza Classa COE/20	Polsion	0.2	
Caldestruzzo Classe Cz6/50	Madula G	131029:167 (dateron2)	
	Ontoritoped		
Copia Incolla 1			
Applica Annulla Elimina			OR. Aireta

Modellazione della struttura

Generazione del telaio

Completato l'inserimento dei dati negli archivi è possibile modellare gli elementi strutturali. In questo esempio si sfrutta uno dei generatori di *PRO_SAP*: il generatore di telai. Si attiva il generatore con il comando *Genera* ► *Telai*.





Per generare la struttura, nella finestra *Generazione telai* si deve selezionare *telaio tipo 4* e premere *Ok* in modo da visualizzare la finestra *Generazione telaio 3d con fondazione*. Una volte compilati i campi come da figura è sufficiente premere *Ok* per generare il telaio ed *Esci* per chiudere la finestra.

Generazione telaio 3d con for	ndazione	- 🗆 X
x iniziale= 0.0 H pilastri 300 n. piani 2	y iniziale= 0.0 luce campate 600 n. campate 2	z iniziale= 0.0 interasse telai 400 n. telai 3
	OK Esci	



Assegnazione delle proprietà agli elementi strutturali

Per applicare le proprietà agli elementi strutturali appena creati è necessario usare il comando **Setta ► Setta riferimento D2**. Prima si devono definire le caratteristiche da applicare andando a richiamare gli archivi definiti in precedenza, quindi le proprietà vengono assegnate agli elementi strutturali.

Volendo definire le caratteristiche dei pilastri, nella finestra *Edita proprietà* D2 si devono selezionare le proprietà come da figura sottostante:



Edita proprietà D2	a 🖬
註 📝 🗉 🥑 🗉 🗊	
🖂 Generalità	
Elemento tipo	/ Trave
Sezione	[3] Rettangolare: b=40 h=40
Rotazione	0.0 [gradi]
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
Criterio di progetto	(1) Criterio di progetto DM2008
Condizioni ambientali	Ordinarie X0
Filo fisso - planta	elemento in asse
Filo fisso - sezione	elemento in asse

Una volta fatto questo, per assegnarle ai pilastri bisogna cliccare sul comando Setta riferimento

selezionare tutti i pilastri con il comando seleziona con proprietà , cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica di PRO_SAP e quindi usare il comando *Assegna riferimento*.

Si deselezionano i pilastri con il comando *Nessuno* e si esegue la stessa procedura per assegnare le proprietà alle travi in elevazione:

Edita proprietà D2	
💱 📝 🗹 🛷 - 🐑 E Generalità	
Elemento tipo	/ Travo
Sezione	[2] Rettangolare: b=30 h=40
Rotazione	0.0 [gradi]
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM2008
Condizioni ambientali	Ordinarie X0
Filo fisso - planta	elemento in asse
Filo fisso - sezione	elemento in asse

Inserite le proprietà, per assegnarle alle travi di elevazione si segue la stessa procedura vista sopra per i pilastri.

Si deselezionano le travi in elevazione con il comando *Nessuno* e si ripete nuovamente l'operazione per definire le proprietà alle travi di fondazione:

Edita proprietà 02	• 🖬
龍 🖉 🖞 🥒 👘	
🗄 Generalità	
Bemento tipo	Trave
Sezione	[1] T rovescia: bi=100.00 ht=80.00 bs=30.00 hi=30.00
Rotazione	0.0 [gradi]
Matorialo	[2] c.a. dasse 25 tipico fondazione
Criterio di progetto	[2] Criterio di progetto fondazioni
Condizioni ambientali	Ordinatie XII
Filo ficso - pianta	elemento in asse
Filo fisso - sezione	Filo estradosso
Layer	[1] Layer 0
Usa tratti rigidi	
Pretensione	0.0 [daN/cm2]
🗏 Travi TTRC	
Usa tecnologia TTRC	
🖃 Interazione terreno	
Fondazione (faccia inferiore)	
K terr, vert,	2.0 [daN/on3]
Kiterr, oriz.	1.0 [daN/cm3.]

Per la definizione delle proprietà degli elementi solaio la procedura è analoga, si usa il comando **Setta** ► **Setta riferimento solai**. Si impostano le proprietà dei solai di copertura come in figura:

Edita proprietă Solai	-
2 4 1 1. 1	
🗏 Generalità	
Layer	[1] Leyer 0
Uha come panoello	11/22/202
Materiale	 Calcentrazio Clance C25/30
Plano rigida	
Spencer membranale	5.0 [cm]
🗄 Modello di carico	
Archivio di narion	(6) Neve-Ocop = 580.00
Orditura	Imposta
Direzione X	0.0
Direzione Y	1.0
Direzione Z	0.0
Altemanza variabile	1
% Bidirezionalità	0
Applicatione tonione	
🗄 Modello di calcolo	
Schama statico	🙏 Automatico
Controlle	VecS
Nagativo I	8.0
Nagativo J	0.0
Minimo Negativu	0.0
% Gok inestation	0.0
🗄 Dati di progetto	
Sezione	[12] T ribessate bi=12:00 ht=24:00 bs=50:00 hs=5:00
Inbeasse travetti	500 (on)
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM2008

Una volta inserite le proprietà si usa il comando *Setta riferimento*. Per assegnarle è necessario selezionare i solai con la procedura seguente: si imposta un filtro di selezione con il comando *Filtra* ► *Solo solai*, si imposta una vista parallela all'asse globale X con *Vista* ► *Vista X*+, si selezionano i solai della copertura con il comando *Box*.



In modo analogo si definiscono le proprietà dei solai di piano:

Edita proprietà Solai	* 🖬
21 4 1 4 - 1	
Generalità	
Layer	(1) Layer 0
Usa come pannello	1500836.0
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/38
Plano rigido	
Spessoie membranale	50 (m)
Modello di carico	
Archivio di carico	[1] Civile abitazione Qsol = 750.00
Orditura	Imposta
Direstone X	0.0
Direzione V	1.0
Direzione Z	0.0
Altemanza variabile	1
% Bidrezionalità	0
Applicatione torsione	5 P 0
Modello di calcolo	
Schema statico	🙏 Automatico
Controlla	Vecli
Negativa I	8.0
Negative)	0.0
Minimo Negativo	0.0
% Gak isostatioo	0.0
🗟 Dati di progetto	
Sezione	[12] T ribessata: bi=12.00 ht=24.00 bs=50.00 hs=5.00
interasse travetti	50.0 [on]
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM2008

Si segue la procedura descritta sopra per assegnare le proprietà ai solai di piano.

Per verificare di avere assegnato correttamente il riferimento può essere utile utilizzare il comando *Edita* e selezionare a campione alcuni elementi cliccandoci sopra. Sul lato destro dello schermo comparirà la finestra *Edita proprietà*: in questo modo è possibile verificare che le proprietà degli elementi siano effettivamente quelle attese.



Nella modellazione dei solai occorre tenere conto che lo *Spessore membranale* rappresenta solamente la dimensione della cappa.

Completata l'introduzione dei dati è possibile vedere una vista tridimensionale del modello con il comando *Grafica* ► *Solido veloce*. Si dovrebbe ottenere una rappresentazione analoga a quella riportata in figura.

Controllo dati struttura

Al termine dell'introduzione dei dati, per poter passare al contesto successivo di *Assegnazione carichi* è necessario eseguire il comando **Contesto ► Check dati struttura.** Check dati struttura esegue una scansione della struttura assegnando la numerazione agli elementi, raggruppandoli in macroelementi e cercando eventuali errori di modellazione. Nel caso il programma riscontri problemi od errori li segnala al progettista per ulteriori controlli, gli elementi interessati sono automaticamente selezionati. È possibile isolarli per studiarli più approfonditamente: è sufficiente cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica ed usare il comando **Visualizza ► Isola topologia**.

Grafica

🚛 Controlità della ritetta e report	
Dontrolls next Controlls internation i Excitable descrimination descrimination Reprintmentation description DEL Reprintmentation description DEL Controlls of control DEL Controlls of the control DEL Controlls del Control DEL Control DEL	



Durante la fase di modellazione, a scopo di verifica, si consiglia di eseguire più volte il comando per il controllo dei dati della struttura.

Assegnazione dei carichi alla struttura

Definizione dei casi di carico

Nel Contesto *Assegnazione carichi* è possibile definire ed assegnare i carichi di progetto agli elementi strutturali. PRO_SAP dispone di alcuni automatismi che premettono al programma di definire alcune tipologie di carico senza necessità di intervento da parte dell'utente.

I carichi sono organizzati in *Casi di carico*, cioè archivi di carichi di tipologia omogenea, per definirli si usa il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico*.

🚵 Dati di carico 🔻

Se l'archivio dei casi di carico è vuoto il programma chiede se il progettista vuole sfruttare gli automatismi con la sequenza di finestre che seguono:

PRO_SM	PRO_SAP
Si desidera che il programma inserisca casi di carico sismici in automatico?	Si desidera che il programma utilizzi i analisi dinamica per il calcolo delle azioni sismiche?
No	St No
PRO_SAP	8
Si desidera d le impostazio	he il programma controlli per le sezioni mi di verifica in uso?

Alla prima domanda è necessario rispondere *Si* per sfruttare la definizione automatica dei casi di carico sismici.

Alla seconda finestra rispondendo *Si* vengono definiti dei casi di carico sismici dinamici per eseguire l'analisi modale, rispondendo *No* vengono definiti dei casi di carico sismici statici per eseguire l'analisi statica lineare. In questo esempio è necessario rispondere *Si* per eseguire un analisi dinamica lineare.

La terza finestra permette al programma di controllare se i parametri inseriti nei criteri di progetto sono conformi a quanto dettato dal D.M. 2018 (i criteri di progetto saranno utilizzati successivamente, in fase di progetto e verifica della struttura).

Al termine della scelta si apre l'archivio dei casi di carico, il programma ha automaticamente definito le seguenti tipologie:

Peso proprio della struttura.

Permanente solai-coperture: carico permanente dei solai compiutamente definito.

(permanente solai-coperture n.c.d: carico permanente dei solai non compiutamente definito (permanenti portati, tramezzi, ecc...).



Variabile solai: carico accidentale dei solai.

Carico da neve: carico da neve dei solai di copertura.

CDC=Es (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione X con eccentricità accidentale positiva.

CDC=Es (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione X con eccentricità accidentale negativa.

CDC=Es (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione Y con eccentricità accidentale positiva.

CDC=Es (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione Y con eccentricità accidentale negativa.

CDC=Es (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione X con eccentricità accidentale positiva.

CDC=Es (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione X con eccentricità accidentale negativa.

CDC=Es (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione Y con eccentricità accidentale.

CDC=Es (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione Y con eccentricità accidentale negativa.

Oltre a questi casi di carico, definiti in modo automatico dal programma, è necessario aggiungere manualmente un *Permanente generico compiutamente definito* per modellare il carico dei tamponamenti sulle travi. Va definito cliccando due volte sul simbolo Gk e selezionando l'opzione G1: compiutamente definito nella finestra Definizione permanente. È possibile modificare l'etichetta per ricordare che si tratta del carico dei tamponamenti.

Per confermare le modifiche premere il pulsante *Applica*. Se non viene premuto *Applica* il caso di carico non verrà definito.

Definizione permanente	
G1: compiutamente definito	
C G2: non compiutamente definito (es. tramezzi)	
USA per fase 1 travi reticolari miste	
OK Annulla	

Il risultato è il seguente:



Permanente generico

Per quanto riguarda il *Peso proprio della struttura* il programma determina automaticamente l'entità del carico in base alle caratteristiche del materiale assegnato agli elementi strutturali.

Per i *Permanenti solai-coperture*, *Variabile solai* e *Carico da neve* (del solaio di copertura) il carico è automaticamente applicato agli elementi strutturali sulla base di quanto è definito nell'archivio *Solai* e *coperture*.

Per definire le caratteristiche del carico sismico è necessario utilizzare il comando **Dati di carico ► Casi di** carico sismici.

Infine per definire il carico *Permanente generico* dei tamponamenti è necessario utilizzare il comando **Dati di** carico ► Carichi generici.

Definizione dei carichi generici

Una volta modellati i casi di carico è necessario definire i *Carichi generici*. In questo esempio verranno sfruttati per definire il carico dei tamponamenti che agisce sulle travi. Il comando da utilizzare è **Dati di** *carico* ► *Carichi generici*.



All'interno della *Tabella dei carichi generici* si deve selezionare il carico distribuito globale. Si accede alla finestra *Carico distribuito globale* all'interno della quale è possibile specificare l'entità del carico. Inserito il carico come in figura si deve premere il tasto *Ok* per uscire. È possibile inserire un etichetta per ricordare il tipo di carico che si è appena definito.

Per confermare le modifiche premere il pulsante *Applica*. Se non viene premuto *Applica* il carico generico non verrà definito.

	Contract International Processing		
	Strings identificative		111
	- Dati di carico		
	carizo Fui	0.0 (da%/om)	Distance of the local
	cardoon Fel	O.D. (HuNg/ren.)	
	Darkso Pyr	0.0 [dsNo/um]	
ella dei carichi generici	× Jakio Fif	0.0 (daN/on 2	
	calico fai	-5.0 [duNi/on]	
` -	takio Ed	-5.0 MaN/cm1	
7 2 2 2 4	manunka Mai	0.0 (441)	
· 🔊 \land 📣	increased Mul	the planes	
IN N 🥪 帐	ascenieko Mpi	0.0 MaN3	
	morrento Myl	0.0. (duly)	
	managedo Mei	(10) (4449)	
co generico corrente	morrento Mal	0.0 [date]	
Fzi=-5.00 Fzf=-5.00	Antrica anglale	0.0 (0.0)	
	anchoa Pirata	0.0 1 uw1	
		3.44	
Copia Incolla 1			
	limina		11000

Definito il carico, per applicarlo agli elementi strutturali si usa il comando *Edita* e si clicca sulla trave alla quale si desidera applicare il carico. Si apre la *Tabella dei carichi applicabili*:

👆 Edita

🔳 Tabella dei carichi applicabili					—		×
[1] DG:Fzi=-5.00 Fzf=-5.00	-	[13] CDC	=Gk (permane	nte gener	ico) tamp	onamenti	•
[1] DG:FzI=-5.00 FzF=-5.00 ↓ [2] CG:pos. =150.00 Fz=-3000.00 ↓ [3] QV:var x - Qz - Area 200 daN/mq			CDC=Gk (pe [1] DG:FzI=-5	rmanente	generico	i) tampona	imenti
Applica	Annul	la		Set	ta Riferim	iento	

Nella parte sinistra si trovano i carichi generici definiti, nella parte destra i casi di carico dove è possibile applicare il carico generico. Per assegnare il carico alla trave è sufficiente trascinare il carico generico nel caso di carico desiderato. Una volta assegnato il carico è necessario usare il comando *Applica* per confermare le modifiche (se non viene dato il comando *Applica* il carico non verrà assegnato all'elemento). Se si desidera applicare il carico anche ad altri elementi strutturali è necessario utilizzare il comando *Setta riferimento* per memorizzare le impostazioni del carico. Successivamente vanno selezionati tutti gli elementi a cui va applicato lo stesso carico. Una volta selezionati gli elementi si deve cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica di PRO_SAP ed utilizzare il comando *Assegna riferimento* per applicare automaticamente il carico a tutti gli elementi selezionati.

Definizione dell'azione sismica

Dopo aver definito i casi di carico sismici, per definire l'azione sismica si deve utilizzare il comando **Casi di** carico ► **Casi di carico sismici**. Si attiva una procedura guidata in cinque passi che permettono di indicare tutti i parametri necessari a definire lo spettro di progetto come previsto dal D.M. 2018.



Al passo 1 vengono richieste la Classe d'uso della struttura, la località e, trattandosi di struttura esistente, il livello di conoscenza. Per inserire la località è necessario usare il comando *pericolosità sismica* che consente di accedere alla finestra *Valutazione della pericolosità sismica*. È possibile indicare il nome o le coordinate geografiche della località dove verrà realizzata l'opera. In questo esempio la classe d'uso della struttura è classe II – edifici ordinari e la località è Ferrara.

Change of Loop	manager and a second	A12.67			
C a collecter province and a second state	Partologia a Sys	a normal	H1	\$ (one)	
[stills spice	parcolodá	201912	N'S		1
# a adhiordear	AQS per SLV	0.197		11	
 a officiental submass do concerned at 		100 m		6	1
eventuale-collarest (ecucie, teater)		Abernal A		-	
 W which is automorphic to importance for barrents! per la protección carle (cepectal impocial) 	4 (11 sector)		H	Sir (vert	4
Conservations	C				
	funda a contra a fer	[135		1	T
and Ante	Annuta	Agjana	1		
		(Share			
A 200 12.0 - A 10000	10441	11.639	144,00	11	11030
		11.657 11.567	34.55	ή. Π	4,945
	Coordinate get	11.667 11.997 cowlde	(44,0) (44,0)	1	(4,945 (4.447
	Coordicate ges Località Località	11.600 L	(41,0) (41,0) (41,0) (41,0)	4.8000	4,945 4.467
	Coordinate ges Coordinate ges Longitadine Reconcent per	TLAN TLAN Sortiche LLAND L	(as,i) (as,i) Attacks	44.8000	(4,64) (4.447 (4.447 (4.447)
	Coordinate get Località Località Pacamenti per Peca	TL 607 TL 507 Soralde Di Change TL 6070 L LL 6070 L Fr	(20,0) (20,0) A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	44,2000	4,945 (4.67
	Coordinate ges Località Coordinate ges Località Congitadine Pacamenti per Paca StaD (al	ILEST ILEST Sorafiche ILEST IL	a a a a a a b a a a a b a b a b a b a b	44.8000 Fe	4.005 [4.607 [4.607 [4.607 [4.607 Apple [0.200
	Coordinate get Località Coordinate get Località Descriptione (Pausinetti per Paus Sato (al Sato (al)	IL 607 IL 507 Sorafiche IL 6000 L Ie forme gelfto Fr 30 30	attadrees [4 attadrees] a a a a a b a a a a a a a a a a a a a	Fa 1.2500 Fa	4,045 (4.447 (4.447 (4.447 (4.447) (4.47) (
	Coordinate get Località Coordinate get Località Descriptione (Peor StD (a) StD (a) StD (a) StD (a)	IT 667 IT 567 Soralde IT 567 IT 567 IT 567 IT 567 It 667 It 567 It 567 I	(0.1) 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00	11 10 14 4000 1500 1500 1500	4,04) 4,047 4,047\\ 4,04
	Coordinate get Località Coordinate get Località Descrittatione People Salo (a) Salo (a) Salo (a) Salo (a) Salo (a) Salo (a)	11.607 11.507 503/04 11.0090 L 10.0090 L 10.00	(01,0) 01,0) 01,00 01,00 01,00 01,00 01,00 01,00 01,00 01,00	71 44,000 Fs 2,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000	1000 1400 1400 170 17
	Cloriditale ge Loositul Burnetti per Peor SID (A) SID (A)	IT 667 IT 567 IT 567 Some control of the second sec	attadre; [4 attadre;]4 ag htt [1007 [1007 [1017] [1017] [1017] [1017] [1017] [1017] [1017]	44.0000 Fa [1:300 [1:300 [2:300 ca da W De []	4.003 4.003 4.007 4.007 8.
	Coordinate gen Località Coordinate gen Località Fiscalità Salti att Salti at	IT 607 IT 507 IT 507 agridde IL0000 L Ioforne spetto Fr 30 30 375 475 ethreads per f Coefficient rea Ca 1	atadre: [4 ab lit ab lit [1037 [1037 [1037 [1037 [1037 [1037] ad ab lit [1037 [1037] [11 14,0000 Fs 2,000 2,000 2,000 2,000 0,0000 0,000 0,000000	4.001 4.407 4.407 4.407 Prc 8.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.200 0.2000 0.200 0.2000
BAk In 50 and		IT REAL IT SHIT agrantic the IT AND AN AN IT AND AN AN IT AND AN AN IT AND AND AN IT AND	atadre; [4 ag ja] ag ja] [1037 [1037 [1037 [1037 [1037 [1037] ad ag ja] [1037 [1037] [71 44,8000 Fs 2,2500 2,2500 2,2500 0,0001 1,2500 0,0001 1,2500 0,0001 1,2500 0,0001 1,2500 0,0001 1,2500 1,250	4.001 4.407 4.407 4.407 Prc 8.200 10.200 10.200 10.200 10.200 veloced % 100 100 6.400
y E schelde del percentent i denti la rece carcitada percentent i denti la rece carcitada percentent i denti la	Thurs	IT 667 IT 597 Soraldhe UL0000 1 In 6000 setto Fr 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	attadree (* attadree (* ag (g) (*)) (*)) (*)) (*)) (*)) (*)) (*)) (17 14,000 Fa [2,250	4.04) 4.047 4.047 4.047 1.020 1.

Al passo 2 vanno specificate la categoria di suolo di fondazione, la categoria topografica e lo smorzamento del suolo. In questo esempio si seleziona categoria di suolo C, categoria topografica T1 e smorzamento 5%.

Passo 2			X
Catego C A C B	pria di suolo di fondazione Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti	Categoria topografica T1 T2 in sommità al pendio T3 in cresta al rilievo con moderata pendenza T4 in cresta al rilievo	S (oriz.)
C D C E	addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D	100 quota relativa (%) Risposta sismica locale Usa RSL Cerca file RSL.	T
	< Indietro Avanti	> Annulla Aggiorna	

Al passo 3 c'è il riepilogo dei parametri dello spettro. Inoltre è possibile indicare la classe di duttilità, il coefficiente eta ed il fattore di comportamento. Per il fattore di copmortamento c'è uno strumento di aiuto che permette di calcolare q in base ai dettami del D.M. 2018. In questo esempio si imposta duttilità bassa, eta = 1 e q = 3.9.

Parametr	ri e fattori	spettrali –						Duttilità	Li i S(oria) i
S.L.	ag	S	Fo	Fv	ТВ	TC	TD	O ND - non	3 (0/12.)
SLO	0.037	1.500	2.550	0.659	0.138	0.415	1.746	B - media	
SLD	0.046	1.500	2.510	0.725	0.149	0.447	1.783	C	
SLV	0.132	1.494	2.600	1.276	0.146	0.437	2.129	O A - alta	I
SLC	0.178	1.427	2.560	1.457	0.149	0.447	2.311	Regolaritá	<u> </u>
Verticale	per tutti:	1.000	,	,	0.050	0.150	1.000	✓ in altezza	Sv (vert.)
							1	Edifici isolati	
eta SLO	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	q SLU y	q SLU z		2.0 T is	
1.0	1.0	1.0	1.0	3.9	3.9	1.5	Aiuto	10.0 s esi	
Smorzar	mento			1.0	1.0	1.0	Esistenti		
							v. fragili	Info	

Al passo 4 è possibile impostare i dati per le analisi. È presente un riquadro per i dati comuni, validi per tutti i tipi di analisi; una cornice per le analisi dinamiche lineari ed una per le analisi statiche, sia lineari che non lineari. Nell'esempio viene eseguita un'analisi dinamica lineare, di conseguenza è necessario impostare il numero di modi di vibrare da calcolare, in questo caso 6.

Passo 4					×
Dati comuni per le analisi	Dati per analisi	statica linea	ire e non lineare	9	S (oriz.)
Quota spiccato [cm] 0.0 Contributo carichi in fondazione	[cm] Fatt. Lambda	1.0	Calcol	a periodi T1	
Eccentricità 5 × 5	[0.85 - 1] Periodo T1	dir. x-x	dir. y-y	dir. z-z	
aggiuntiva X: muratura altri	[primo modo]	0.288	0.288	0.288	
Spost. relativo limite 1000/h 3 5	Sd (T1) - SLU	0.132	0.132	0.059	
Dati per analisi dinamica N. 6 N. modi modi rigidi	Accelerazione o Eccentricità con Usa spostamer	uniforme [Fi nvenzionale nti medi di p	op: =Fh] con momenti N iano per pusho	zione suggerita: NO Mz NO ver SI	SV (VerL)
rigidezza secante	Distrib. triangol	are per pusl	nover	SI	
	< Indietro A	wanti >	Annulla	Aggiorna	

Al passo 5 si devono definire le masse sismiche. È disponibile un comando per la definizione automatica: utilizzandolo il programma applicherà automaticamente i coefficienti necessari considerando un peso unitario per i carichi permanenti ed il coefficiente psi2 per i variabili dei solai e per il carico da neve dei solai di copertura.

10 C 99	reco				N	ada sont. 🦻	(n)	S (ore.)
a denne	năt l			110 - S	- N	edo riter: 1	171	
Sena	18.1	118.2	16.321	1641	10013	1		110
LOUS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
LCUO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.09			
LCU 7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
LCIDIE	1.00	1.00	1.00	3.00	3.08			(ii Sv (west)
0.020	1.00	1.00	1.00	110	3.08			10
GD N	1.00	1.00	1.00	1.03	1.05			
LC D 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			111
RITA (1	coefficients	per carichi sai	D Bell		(")Dperdet	hult in pushove		
-Dist.	int address	a chemista ?	tree 2 dis in chain	Concerned in the local division of the local	Datascon	N FRANK HERET	atica	
er Chat	ini uhiroa	ne chrugola 1	(ps 2 du archen	100000	Delesson	e Fadare and off	ation	

Al termine dell'assegnazione dei carichi alla struttura è possibile controllare se i carichi sono stati assegnati correttamente alla struttura con il comando *Vedi caso di carico*. Questo comando permette di visualizzare i carichi assegnati alla struttura per ogni singolo caso di carico.



Definizione delle combinazioni

Per definire le combinazioni di calcolo si deve utilizzare il comando **Dati di carico ► Combinazioni**. In questo modo si apre la *Tabella delle combinazioni*.

💷 Tabella	delle co	ombinazioni					\rightarrow
Caso di cario	co selezi	onato					
Tipo comb.		•					
Combina	. LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6	^
CMB 1	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	
CMB 2	1.30	1.30	0.00	0.75	0.00	0.00	
CMB 3	1.30	1.30	1.50	0.00	0.00	0.00	
CMB 4	1.30	1.30	1.50	0.75	0.00	0.00	
CMB 5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
CMB 6	1.00	1.00	0.00	0.75	0.00	0.00	
CMB 7	1.00	1.00	1.50	0.00	0.00	0.00	
CMB 8	1.00	1.00	1.50	0.75	0.00	0.00	
CMB 9	1.30	1.30	0.00	1.50	0.00	0.00	
CMB 10	1.30	1.30	1.05	0.00	0.00	0.00	~
<							>
	1	1	-Generazione aut	tomatica			
Aggiun	gi	Rimuovi	Impostazio	oni generali	Approccio 1	Approc	ccio 2
	Rimuovi [.]	tutto	S.L.U. strutt.	S.L.E. rare	T.ammissibili	1	
Leggi fi	le	Scrivi file	S.L. sismica	S.L.E. freq.		-	
- Condizion	ni Ambier	te per S.L.E	S.L.U. accid.	S.L.E. [perm.]			
Ordina	arie						
C Agare	essive						
C Molto	agaroce	ivo			0005 10 107		
O Molto	aggress	ive	Combina con	ne PRO_SAP vs.:	2005-12-137 e pre	ecedenti	

Il programma consente di generare automaticamente le combinazioni di calcolo come previste dal D.M. 2018. Per sfruttare gli automatismi è necessario usare il comando *Impostazioni generali* che tramite una procedura guidata in quattro passi permette di impostare i coefficienti e le regole per combinare i carichi agenti sulla struttura.

Al passo 1 – *Parametri per i carichi variabili* si devono introdurre i coefficienti psi per i carichi variabili. Per i variabili dei solai ed il carico da neve dei solai di copertura gli psi sono inseriti automaticamente dal programma leggendoli dall'archivio *Solai e coperture* anche se i valori rimangono editabili dall'utente.

Pa	rametri per cario	chi variabili					\times
	Caso di carico:						_
	CDC	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi 2 sis	Segni	
	[3] CDC=Qsk (0.70	0.50	0.30	0.30	0 - positivo	
	[4] CDC=Qnk	0.50	0.20	0	0	0 - positivo	

Al passo 2 – *Interazione casi di carico variabili* è possibile indicare la logica con cui combinare i carichi variabili. *Non dipendente* non applica nessuna regola precisa; *Inclusivo* genera le combinazioni facendo in modo che o entrambi i carichi siano presenti in combinazione o nessuno dei due; *Esclusivo* genera le combinazioni facendo in modo che in ogni combinazione sia presente uno o l'altro carico, mai entrambi contemporaneamente.

Int	Interazione casi di carico variabili										
	Caso di carico:										
	CDC	[3] CDC=Qsk (accidentale	[4] CDC=Qnk (carico da n								
	[3] CDC=Qsk (accidentale		Non dipendente								
	[4] CDC=Qnk (carico da ne										

Al passo 3 – *Definizione durata* è possibile indicare la durata dei carichi. Questa funzione è da utilizzare per le strutture in legno.

Definizione durata			×
Caso di carico:			
CDC	Durata	Valore rif.	
[1] CDC=Ggk (peso proprio	Permanente	1	
[2] CDC=Gsk (permanente	Permanente	1	
[3] CDC=Qsk (accidentale	Media durata	1	
[4] CDC=Qnk (carico da ne	Media durata	1	
[5] CDC=Ed (dinamico SL	Istantaneo	1	
[6] CDC=Ed (dinamico SL	Istantaneo	1	
[7] CDC=Ed (dinamico SL	Istantaneo	1	
[8] CDC=Ed (dinamico SL	Istantaneo	1	
[9] CDC=Ed (dinamico SL	Istantaneo	1	
[10] CDC=Ed (dinamico SL	Istantaneo	1	
[11] CDC=Ed (dinamico SL	Istantaneo	1	
[12] CDC=Ed (dinamico SL	Istantaneo	1	
[13] CDC=Gk (permanente	Permanente	1	

Al passo 4 – *Scenari di carico* è possibile inserire i coefficienti di sicurezza da applicare nella generazione delle combinazioni di calcolo. Di default sono preimpostati i valori del D.M. 2018.

	a G1 may	a G1 min	d G2 may	a G2 min	a P may	a P min	пО
Eattori di comb. A1. [STR]	13	1	15	0.8	1	1	15
Fattori di comb. A1 [STA]	1	1	13	0.8	1	1	1.0
			1.5	0.0			1.5
SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5
SL per azioni sismiche							
g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1 1	1	1	1	1	1	1	1
Fattori di comb. A2	1	1	1	1	1	1	1
SLU per azioni accidentali	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1
lota importante: i valori max e mir dc permanenti e precompressior ermutazione possono portare ac ombinazioni particolarmente elev	n in tabella (r 1e) applicati (1 un numero <i>r</i> ato.	iferiti ai con di	Permuta	valori g min	e g max		

Concludendo la procedura si possono generare le combinazioni sfruttando gli automatismi di PRO_SAP. In questo esempio si utilizzano i comandi nella figura seguente:

S.L.U. strutt.	S.L.E. rare
S.L. sismica	S.L.E. freq.
	S.L.E. [perm.]

Esecuzione delle analisi e controllo dei risultati

Esecuzione delle analisi

Si lanciano le analisi con l'apposito comando ^{IIII}. Al termine diventa disponibile il report all'interno del quale sono riportati i modi di vibrare determinati dal programma e vengono indicati eventuali problemi od errori nel calcolo.

Controllo dello stato - report	×
Massa Eccitata $Y-Y = 1.770e+05$ pari al 98.77 per cento Massa Eccitata $Z-Z = 1.035e+05$ pari al 57.76 per cento Taglio di calcolo = 2.080e+04 Risultati archiviati Controllo caso di carico 12 Controllo risultati modo n. 1 Controllo risultati modo n. 2 Controllo risultati modo n. 3 Controllo risultati modo n. 4 Controllo risultati modo n. 5 Controllo risultati modo n. 6 Controllo risultati modo n. 6 Controllo risultati modo n. 6 Frequenza modo 1 = 3.063310e+00 Hertz Frequenza modo 3 = 3.929409e+00 Hertz Frequenza modo 3 = 3.929409e+00 Hertz Frequenza modo 4 = 9.938788e+00 Hertz Frequenza modo 4 = 9.938788e+00 Hertz Frequenza modo 6 = 1.193265e+01 Hertz Massa Eccitata X-X = 1.787e+05 pari al 99.75 per cento Massa Eccitata X-X = 1.05e+05 pari al 98.77 per cento Massa Eccitata X-X = 1.05e+05 pari al 97.76 per cento Taglio di calcolo = 2.080e+04 Risultati archiviati	^
Controllo avvertimenti (warning) del solutore in corso MEMO: controllare spostamenti SLD <sismica 1000="" h=""> MEMO: controllare importanza effetti del second' ordine (p.to 7.3.2) - Analisi P-D Processo completato !</sismica>	elta

=			
			-
	-		

Nel caso di analisi dinamica lineare il D.M. 2018 richiede che la massa eccitata sia almeno l'85% di quella totale. Se la massa eccitata non è sufficiente il solutore scrive un avvertimento nel report, se nel report non ci sono warning la massa eccitata è sufficiente. Si consiglia sempre di controllare gli avvertimenti del solutore. Se la massa eccitata non raggiunge l'85%, tornare al passo 4 dei casi di carico sismici ed aumentare il numero di modi di vibrare.

Controllo dei risultati delle analisi

I risultati disponibili al termine delle analisi sono quelli nell'immagine seguente:



Si tratta rispettivamente di spostamenti nodali, reazioni vincolari, azioni sulle fondazioni, sollecitazioni negli elementi d2, tensioni negli elementi d3, azioni negli elementi d3, tensioni negli elementi solidi, deformate, risultati globali. In più ci sono i comandi massimo e minimo che permettono una scansione automatica delle combinazioni di calcolo per cercare quella dove il risultato visualizzato è massimo (o minimo).

Per visualizzare un risultato è necessario selezionare una combinazione con il comando Vedi combinazione

e successivamente il risultato di interesse scegliendo tra quelli messi a disposizione da PRO_SAP.

Per esempio attivando il comando *Vedi combinazione*, selezionando la combinazione numero 27 ed il risultato *Azioni D2* ► *Momento 3-3* si ottiene la mappa riportata in figura.



Analogamente, attivando *Vedi combinazione*, selezionando la combinazione numero 34 ed il risultato **Deformazioni** ► **Deformata** si può vedere la struttura in configurazione deformata. Questo comando è molto utile per capire se sono stati fatti errori di modellazione.



Per visualizzare altre tipologie di risultati si procede in modo analogo.

In PRO_SAP è possibile anche vedere i risultati relativi al singolo elemento strutturale. È necessario visualizzare una tipologia di risultato, cliccare sul comando *Controlla* e successivamente sull'elemento di cui si è interessati ai risultati. In questo modo si accede alla *Finestra di controllo generale*, nell'esempio in figura si stanno visualizzando le sollecitazioni su un elemento d2.





Progettazione degli elementi strutturali

Definizione dei criteri di progetto

Per eseguire la progettazione degli elementi strutturali è necessario definire l'archivio dei *Criteri di progetto*. I criteri di progetto contengono le informazioni utili al programma per progettare e verificare gli elementi strutturali. È possibile accedere alla *Tabella dei criteri di progetto* tramite il comando *Dati progetto* ► *Criteri di progetto*. Per questo esempio sono necessari criteri di progetto per travi in c.a., pilastri in c.a. e travi di fondazione.



Progets a Bin Projects a Bin Projects a Sin At list the balkcolo Main the balkcolo Projects a site Projects a file Solo dettagin (agitable) 4 NTC Projects a file Projects a site Solo dettagin (agitable) 4 NTC Projects a site Frogets the file No generative Frogets the file No generative Frogets the file Main to tryp Other the file Marine completed Other Marine trees 10 Marine trees 10 Marine trees 10 Diametrice and solo Diametrice and solo Diametrice per sonateres 10 Diametrice	Generalità	Puerca Staeparte Adeac	C Secreta	Constant of the state of the st
W hit distanticulo IIII Mait discription (apprior) of MTL IIII Discription (apprior) of MTL Solo dettogli (apprior) of MTL Discription (apprior) of MTL Solo dettogli (apprior) of MTL Discription (apprior) of MTL Inspectation No operation V Inspectation Note of taglio per GR 10 [am] Antenna Inspectation Marine oreganization 0.311 Marine oreganization 0.311 Morein comparization 0.311 Marine oreganization 0.311 Marine oreganization (apprior) 0.011 Marine oreganization 0.011 Diamenzio per segment in more oreganization (apprior) 0.011 Diamenzio per segment in the diamenzio per segmenzion (apprior) 0.0000000000000	Progetta a filo		Rogetto simulura	Prisileçis Mi
Mart.de q1:1./ IID Sold detroigh degraphing registion 4 WIC Sold detroigh degraphing No generation Y IID Loo e displo per GR 1.0 [mm] No generation Y IID Mains proj 0.311 Memo comprises 0.338 Image section apport 0.011 Memo comprises 0.338 Image section apport 0.01 Descriptions control neglotalta SUP 10 Descriptions comport 0.01 Description apport 0.01 Description apport 0.01 Description apport 0.01 Description apport 0.01 Description a	At and the tradiction		Progetta a filo	
Solo detrophingpristic 4 NT: Solo detrophingpristic 4 NT: Progetactore non dissigntus Frogetactore non dissigntus No generation Y Ho generation MI: Areadous Ho generation V Marine comparison 0.011 Marine trais 0.038 Marine trais 0.00 Disearch traps comparison 0.00 Disearch traps commone comparison 0.00 <t< td=""><td>Mat degitit/</td><td>110</td><td>✓ Effetti dal 2 ordine</td><td></td></t<>	Mat degitit/	110	✓ Effetti dal 2 ordine	
Progettatione non dissipation Inc. No generation V Inc. (m) Look of topic per GR 1.0 (m) Armatum Inc. (m) Armatum Inc. (m) Armatum Inc. (m) Marine tree 0.011 Maximum tree 0.038 Disconter tree 0.038 Disconter tree 0.01 Disconter tree 0.038 Disconter tree 0.01	Solo dettagli riggitato 4 NFC		Solo siettapi capitolo i NTC	
In organization V In () (m) (Lock of tagliop per GR 1.0 () (m) (Arrenatures Interpreter GR 1.0 () (m) (Arrenatures Interpreter GR 1.0 () (m) (Marren regis 0.311 Beta per 2-2 1.0 (Marren regis 0.338 Interpreter GR 1.0 () (m) (Marren regis 0.338 Interpreter GR 1.0 () (m) (Marren regis 0.338 Interpreter GR 1.0 () (m) (Marren regis 0.338 Minima loss 1.0 () (m) (Diametrico per comparition (mpg) data fair (m) (Minima loss 1.0 () (m) (Diametrico per comparition (mpg) data fair (m) (Minima loss 1.0 () (m) (Diametrico per comparition (mpg) data fair (m) (Minima loss 1.0 () (m) (Diametrico per comparit registratia (m) (1.0 () (m) (Minima loss 1.0 () (m) (Diametrico per comparit registratia (m) (1.0 () (m) (Minima loss 1.0 () (m) (Minima loss Diametrico per comparit registratia (m) (1.0 () (m) (Minima loss 1.0 () (m) ((m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m	Procettacione non dissipativa		Fiogetatione non disspativa	
Love di taglio per Gli 10 [m] todocio MTE Imposto Armatus Imposto Missiono trais 0.011 Monte comparizado 0.011 Marine tore 1.0 Manterio per comparizado 0.01 Diamentro per comparizado di parte 14 Diamentro per comparizado di parte 15 Tarafficiante comparizado 1.15 Tarafficiante comparizado 1.15 Tarafficiante comparizado di parterio del parteri del 2 orditerio <td>No generatio Y</td> <td></td> <td>No geardia M</td> <td></td>	No generatio Y		No geardia M	
Isolocio Mitti Impunto Armahano 0.001 Misrino companyon 0.001 Diametrico per association componit 0.001 Diametrico per association di poseto 14 Diametrico per association di poseto 14 Diametrico per association di poseto 100 Stati lineito adfanei 400 Diametrico per association di poseto 14 Diametrico per association di poseto 14 Diametrico per association di poseto 115 Topo association 0.001 Conditionale reservacioni 115 Traditionale reservacioni 115 Traditionale reservacioni 115 Traditionale reservacioni 115 Conditionale reservacioni 115 Traditideale aenoreal control ordine incomenyolotic associatitenteree <td>Luce de taplio per Gk</td> <td>10 [m]</td> <td>Ho grandho V</td> <td></td>	Luce de taplio per Gk	10 [m]	Ho grandho V	
Areadaan Bits per 2-2 1.0 Marina companyaa 0.311 Bats per 3.3 1.0 Marina companyaa 0.311 Bats per 3.3 1.0 Marina companyaa 0.311 Bats per 3.3 1.0 Marina companyaa 0.318 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.338 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.338 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.318 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.338 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.338 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.318 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.318 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.00 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.00 Marina tasa 0.0 Marina tasa 0.00 Marina tasa 0.0 Dianentro per annotas di paseta 14 Dianentro per andiante biggespaseta Marine 10 Dianentro per andiante biggespaseta Marine 14 Dianentro per andiante biggespaseta Marine 100 Dianentro per andiante biggespaseta Marine 115 Control tasa tasa 115 Marina tasa 2 ordine Control tasa tasa	traliccio M/III	Imposto	Luce di taglio per GA	10.1 ml
Miserso pois 0.311 Merris companyo 0.311 Maximus term 0.338 Observations toring 0.338 Observations toring 0.338 Observations toring 0.311 Minima toring 0.338 Observations toring 0.338 Observations toring 0.311 Minima toring 0.338 Observations toring 0.338 Observations toring 0.338 Diametric oper support toring 0.34 Diametric oper support toring operations (Minima toring per support toring per supper support toring per supper su	Arreatura		Beta per 2-2	1.0
Minima completion 0.311 Maximostana 0.338 Dia servitiva torito 10 Dia servitiva torito 40 Dia servitiva torito 40 Dia servitiva torito 40 Dia servitiva torito 68:00 Dia servitiva torito 68:00 Diametri oper operational torito 14 Diametri oper operational torito 115 Stati Bedies oblined 115 VisalBedies oblined 115 VisalBedies oblined 15 Thereif del 2 ordine Consideral execution of operatoris torito is adverithetined	Mininatesa	0.111	Arta per 3 3	1.0
Missionschein 0.038 Mierralbsz 1.0 Dissionschein 0.038 Mierralbsz 4.0 Dissionschein 0.038 Baretrijer Baretrijer Dissionschein 14 Baretrijer Baretrijer Diemetrijer einschein die protein 14 Baretrijer Baretrijer Diemetrijer einschein die scheine 14 Baretrijer Baretrijer Diemetrijer einschein die scheine 14 Baretrijer Baretrijer Diemetrijer einschein 15 Baretrijer Baretrijer Statilteite schein 15 Erfertij del 2 ordine Erfertij del 2 ordine Considers erfertij del 2 ordine Considers erfertil odi securef onlihe isoereneta	Miema campinaa	0,311	Annatura	
Image: Construction Monomations 40 Indexense vention apport Monomations Elevan Indexense vention apport Mil Diametrivestici Diametrivestici Diametrive segments inspectation SUP Viewa Biorectorial Biorectorial Diametrive segments inspectation Viewa Biorectorial Biorectorial Diametrive segments inspectation Viewa Coorectorial segments inspectations Viewa Viewa Monomational segments inspectational segments inspectational segments inspectational segments inspectationality Viewa Biorecoordinality <td>Manuscotores</td> <td>0.338</td> <td>Minima lasa</td> <td>1.0</td>	Manuscotores	0.338	Minima lasa	1.0
Indexarrations horitions Diameterio inspire Indexarration support 0.0 Diameterio per support 0.0 Diameterio per support 14 Diameterio per support 15 Continues of support 15 Continues of support 15 Continues of support 15 Effecti del 2 ordine Considers effecti del secured on the isoenenetration is activit htteref	wide writeer		Monemo tese	49
Indexanto vertica respont UM Diametro per connect registratia SUP 14 Diametro per connect registratia SUP viewa. Diametro per connect registratia MP 14 Continue data reversa registration per connect registratia 115 Visiti Bedier oblinet Considera reversa re 15 Theti dal 2 ordinet Considera effect data per effect dat	Usa arratusa teorina		Diametri vertici	elency.
Diamento per concert registration's prezione SUP element. Diamento per concert registration's prezione SUP element. Diamento per concert registration (ME 14 Technical Arrows) (Stable) (Stabl	Tedesarute verifica sacigranti	112	Diamatri lati	olenca
Diamathorpe application/person SUP, elexa, Diamathorpe application/person SUP, elexa, Diamathorpe application MF, 14 Diamathorpe application MF, 14 Diamathorpe application MF, 14 Tensione ly staffic deposed by SUP, 45000 (staffic)) Tipo acciain deposed b	Diametro per comorti respistata SLP.	14	Stat limite altimi	
Diametro per annataro di panete 14 Diametro per annataro di panet	Diamatronas anniantischascone SIP	eleva.	Torogiana by	ation (data wa2)
Diametro per approximity perpensi Milleria. 14 Diametro per approximity perpensi Milleria. 15 Coefficiente garrena s 115 Coefficiente garrena s 115 Frietti del 2 ordine Couldese effetti del 2 ordine Couldese effetti del accural online incommentando le adori l'etterei	Dameiro de amotre d'orania	14	Ternione ly staffs:	4500.0 (34/4/07223)
Damatho per appendicipages M eleva. Nati Belle oblinit Coefficiente garora s 115 Coefficiente g	Diametro per converti reggistatta NA	14	Tipo acciain	Hope C
Stati Beile obied	Diamatico care anni estimatica con the	alara	Coefficiente garrana s	1.15
Effetti del 2 ordine Considera effetti del second' ordine insoemetoralo la adori flatteril	Stati limite altimi	- CTURE	T culfularia norma.e	15
Considers effecti del second' online inservatoralo la adori fatteri			Effetti del 2 ordine	
			Considera effetti del second' undre insoener	rtorslo is adori flatteril

Di default sono già impostati i parametri previsti dal D.M.2018, è necessario indicare solamente i diametri dei ferri che si intende utilizzare per eseguire la progettazione di travi e pilastri. Il criterio numero 2 è già preimpostato per gli elementi di fondazione e contiene i minimi di armatura previsti dalla normativa per gli elementi di fondazione quindi per il progetto delle travi di fondazione è sufficiente assegnare il criterio numero 2 agli elementi.

I criteri di progetto vengono assegnati agli elementi esattamente come le altre proprietà. Si usa il comando *Edita* e si clicca su una trave di fondazione qualunque per aprire la finestra *Edita proprietà d2* e si modifica il criterio di progetto assegnando il criterio numero 2. Per assegnarlo agli altri elementi di fondazione è sufficiente usare il comando *Setta riferimento*, selezionare tutte le travi di fondazione con il comando *Seleziona con proprietà* e quindi usare il comando *Assegna criterio*.

Esecuzione della progettazione

Una volta definiti i criteri di progetto si può eseguire il progetto e la verifica degli elementi. Bisogna selezionare gli elementi che si intende progettare oppure, se si desidera progettare l'intera struttura, usare il comando *Seleziona tutto*. La progettazione si avvia con il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Stati Limite*.



Al termine della progettazione il programma segnala la presenza di eventuali elementi non verificati. Se non si visualizza nessun messaggio, tutte le verifiche sono soddisfatte.

Controllo dei risultati della progettazione

I risultati della progettazione vengono illustrati separatamente per ogni tipologia di elemento strutturale. È necessario usare i comandi contenuti nei due menù *Travi cls s.l.* e *Pilastri cls s.l.*



Travi cls s.l.

Il primo risultato che si ha a disposizione nel menù dedicato alle travi in calcestruzzo è lo *Stato di progetto*. Attivando questo comando si vede lo stato di verifica della struttura:

- (i) colore **rosso** ► elementi *non verificati*,
- (ii) colore ciano ► elementi verificati.

Il comando è disponibile per tutte le tipologie di elemento strutturale. Nella figura si riporta lo stato di progetto delle travi.



Nel menù *Travi cls s.l.* ► *S.L.U.* si trovano i risultati delle verifiche di resistenza sulle travi. Per ogni verifica il programma visualizza una mappa cromatica con i valori massimi derivati dal calcolo. Si tratta di valori normalizzati: per ogni tipo di verifica il diagramma riporta Sd/Su (Sd è la sollecitazione di progetto, Su è la sollecitazione ultima della sezione) e quindi se tutti i valori sono inferiori ad 1 la verifica è superata.

Verifica N/M visualizza la mappa cromatica dei risultati della verifica a pressoflessione.



Verifica V/T cls e *Verifica V/T acciaio* sono rispettivamente i risultati delle verifiche a taglio e torsione lato calcestruzzo e lato acciaio.



Nel menù *Pilastri cls s.l.* ► *S.L.U.* si trovano i risultati delle verifiche di resistenza sui pilastri. Sono gli stessi visti sopra per le travi e si tratta sempre di valori normalizzati. In più rispetto alle travi, si trovano anche i risultati *Pilastri cls s.l.* ► *Gerarchia delle resistenze* che presentano le sovraresistenze del pilastro rispetto alle travi collegate ad esso per verificare il rispetto della gerarchia delle resistenze. Progettando secondo il DM2018 tra i risultati delle verifiche dei pilastri è possibile trovare anche le verifiche dei nodi





È possibile utilizzare il comando *Controlla* per approfondire i risultati delle verifiche sui singoli elementi strutturali. Cliccando su *Controlla* e successivamente sull'elemento strutturale di interesse si accede alla *Finestra di controllo generale* che per ogni verifica riporta il risultato, la combinazione di calcolo di riferimento, le sollecitazioni di progetto, risultati parziali e parametri considerati nel calcolo. In questo modo il progettista può controllare i calcoli eseguiti dal programma e la correttezza dei dati inseriti.



Generazione degli elaborati: esecutivi e relazione di calcolo

Generazione degli esecutivi - Carpenterie di piano

Per generare gli esecutivi delle carpenterie di piano è necessario selezionare il telaio con *Seleziona tutto* e successivamente usare il comando *Contesto* ► *Generazione esecutivi* ► *Esecutivi carpenterie*.



Un messaggio avvisa che la generazione degli esecutivi avviene solamente degli elementi visibili quindi se necessario si devono usare i comandi *Visualizza* ► *Nascondi* oppure *Visualizza tutto*. Successivamente si apre la finestra *Genera impalcati*. Prima si deve cliccare sul pulsante *Genera disegni* per generare gli esecutivi delle carpenterie, dopo aver utilizzato il comando con *Vedi disegni* è possibile accedere al modulo *PRO_CAD Disegno carpenterie* per controllare ed eventualmente modificare gli esecutivi generati.



Si riporta in figura l'esempio dell'esecutivo di un solaio automaticamente generato da PRO_CAD Disegno carpenterie:



Generazione degli esecutivi – Travate

Esporta ationi Verifica sectione Esecutivo travata Esecutivo pidortrata Esenativo setto-piaston Executivo fondazione Gene Executivo collegamento

Per ottenere gli esecutivi delle travate ci sono due strade. La prima è utilizzare il comando Contesto ► Generazione esecutivi ► Esecutivi travate c.a. che genera automaticamente gli esecutivi di tutte le travate della struttura, riconoscendo e raggruppando travate con la stessa geometria per dare al progettista la possibilità di imporre la stessa armatura su tutta le travate simili. La seconda via per ottenere gli esecutivi di una travata prevede di accedere alla Finestra di controllo generale con il comando

> Controlla ed utilizzare il comando Genera esecutivi Esecutivo travata: in questo modo si ottengono gli esecutivi di una sola travata, quella selezionata con il comando Controlla.



Seguendo questa seconda strada viene automaticamente avviato il modulo PRO_CAD Travi. Sono automaticamente importate le armature progettate da PRO SAP che tuttavia rimangono liberamente modificabili dall'utente. All'interno del

modulo PRO CAD Travi è anche possibile utilizzare il comando Rigenera armatura per far calcolare al programma un'armatura con parametri diversi.



Generazione degli esecutivi - Pilastrate

La generazione degli esecutivi delle pilastrate è analoga a quella vista per le travi, ci sono le due possibilità: Contesto > Generazione esecutivi > Esecutivi travate c.a. per generare automaticamente gli esecutivi di tutte le pilastrate raggruppando pilastri con le stesse caratteristiche geometriche e Controlla > Genera esecutivi ► Esecutivo pilastrata per generare l'esecutivo di un solo pilastro a partire dalla Finestra di controllo generale.

Seguendo questa seconda strada viene automaticamente avviato il modulo *PRO_CAD Pilastri*. Vengono automaticamente importate le armature progettate da PRO_SAP ma il progettista può liberamente modificarle.



Controllo degli esecutivi

Nel caso le armature vengano modificate in fase di disegno è possibile farne la rilettura con il comando: *Contesto* ► *Check armature c.a.*

Generazione della relazione di calcolo

Per la stampa della relazione di calcolo è necessario utilizzare il comando **Contesto ► Relazione di** calcolo. Si accede così alla finestra *Opzioni di stampa* che consente la selezione del programma da utilizzare per la stampa, dei capitoli da stampare, del numero di risultati da riportare, delle immagini da allegare.

Esempio Guidato 3

Progetto di una struttura in acciaio



Esempio Guidato 3 - Progetto di una struttura in acciaio

In questo esempio viene eseguito il calcolo di una struttura in acciaio costituita da una capriata e due pilastri. La modellazione viene eseguita con l'ausilio di un generatore automatico e la progettazione agli Stati Limite secondo il D.M. 18 senza azioni sismiche. Per maggiori approfondimenti sulla modellazione di strutture in acciaio e per il progetto con il sisma e la gerarchia delle resistenze, si rimanda ai videocorsi disponibili all'indirizzo internet *www.2si.it/video.php*

Apertura dell'esempio

Per aprire l'archivio predisposto è necessario utilizzare i seguenti comandi: Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio3.psp

Se invece si desidera eseguire la modellazione della struttura da zero, aprire una nuova sessione di PRO_SAP e seguire le indicazioni dei punti successivi.

Normative ed archivi

Normative utilizzate

Con il comando **Preferenze** ► **Normative** si accede alla finestra che consente di selezionare le normative da utilizzare nel calcolo. In questa finestra è possibile accedere anche ai comandi avanzati che permettono di modificare alcuni parametri da utilizzare nelle verifiche della struttura. Di default il programma utilizza il D.M. 2018 per il progetto e la verifica degli elementi strutturali.



🙆 Preferenze 🔻

Definizione degli archivi

PRO_SAP attinge le informazioni necessarie alla modellazione degli elementi strutturali da diversi archivi completamente personalizzabili dall'utente. I principali archivi sono: *Sezioni, Materiali, Fondazioni, Solai e* coperture.

Definizione dell'archivio delle sezioni

Nell'archivio delle sezioni è possibile specificare le sezioni che si intendono assegnare agli elementi strutturali. Vi si accede con il comando **Dati struttura ► Sezioni.**

🞕 Dati struttura 🔻

Per questo esempio, trattandosi di struttura metallica, verranno utilizzati dei profili semplici e dei profili accoppiati. PRO_SAP contiene già le informazioni dei profili maggiormente diffusi perciò per le principali tipologie non è necessario introdurre dati ma è sufficiente richiamare i profili di interesse dagli elenchi. Per fare questo è sufficiente agire nelle cartelle *Profili semplici* e *Profili accoppiati* presenti nella *Tabella delle sezioni* e definire le sezioni come nelle immagini seguenti:







Definizione dell'archivio dei materiali

L'archivio dei materiali contiene le caratteristiche meccaniche dei materiali. PRO_SAP dispone di un archivio precompilato con diversi materiali definiti con i valori delle proprietà dati dal D.M. 2018; è tuttavia possibile sia aggiungere nuovi materiali all'archivio che modificare quelli esistenti.

Si accede all'archivio dei materiali tramite il comando Dati struttura > Materiali.

🞕 Dati struttura 🔻

In questo esempio verrà assegnato agli elementi come materiale un acciaio S235 che si trova in posizione 10 nell'archivio dei materiali.

	Dermizione proprieta materiale tipo			^
	Stringa identificativa			
	Resistenze			
	Tensione ft	3600.0 [daN/cm2]		·····
	Tensione fy	2350.0 [daN/cm2]		
	Tensione ft (>40)	2350.0 [daN/cm2]		
Tabella dei materiali X	Tensione fy (>40)	2100.0 [daN/cm2]		
	Tensione ammissibile	1600.0 [daN/cm2]		
	Tensione ammissibile (>40)	1400.0 [daN/cm2]		
	Elasto-plastico			
	🗆 Generalità			
Materiale corrente	Peso specifico	7.8000e-03 [daN/cm3]		
	Dilatazione termica	1.2000e-05 [1/C]		
acciaio Fe360 - S235	Smorzamento	5.0		
	Costanti elastiche			
	Modulo E	2100000.0 [daN/cm2]		
I	Poisson	0.3		
	Modulo G	807690.0 [daN/cm2]	•	
Applica Annulla Elimina			ОК	Annulla

Modellazione della struttura

Per modellare la struttura ci si avvale dei generatori di PRO_SAP che automatizzano la definizione degli elementi strutturali.

Si inizia modellando i nodi che individuano i pilastri, il comando da utilizzare è Nodi 🕨 Nodo singolo.

0

Nodi O Nodo singolo

Attivando questo comando si apre la finestra *genera nodo singolo* che richiede le coordinate nelle quali generare il nodo. Le coordinate vanno inserite sulla base del sistema di riferimento globale che è visibile nella finestra grafica di PRO_SAP, per questo esempio è necessario creare i seguenti nodi:

genera nodo singolo	– 🗆 🗙	genera nodo singolo 🛛 — 🗆 🗙
x nodo= 0.0 y nodo= 0.0 z nodo= 0.0 OK	dx nodo= 0.0 dy nodo= 0.0 dz nodo= 0.0 Esci	x nodo= 2000 dx nodo= 0.0 y nodo= 0.0 dy nodo= 0.0 z nodo= 0.0 dz nodo= 0.0 OK Esci Esci Esci Esci
genera nodo singolo		genera podo singolo — — X
x nodo= 0.0 y nodo= 0.0 z nodo= 600	dx nodo= 0.0 dy nodo= 0.0 dz nodo= 0.0	x nodo= 2000 dx nodo= 0.0 y nodo= 0.0 dy nodo= 0.0 z nodo= 600 dz nodo= 0.0
ОК	Esci	OK Esci

Per generare i pilastri si usa il comando *Setta riferimento d2* per accedere alla tabella delle proprietà e si indicano le proprietà come da immagine seguente:

O Setta Riferimento Noido	Imposta proprietà di riferim	ento D2 🛛 🕂 🔯
Setta Riferimento D2	🖻 Generalità	
•	Elemento tipo	/ Trave
Setta Riferimento D3	Sezione	[5] HEA 260
	Rotazione	0.0 [gradi]
Setta Riferimento Solidi	Materiale	[10] acciaio Fe360 - S235
Catta Difusionanta Calai	Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
Serie refermience serai	Filo fisso	elemento in asse

Impostate le proprietà è necessario utilizzare il comando *Setta riferimento* per memorizzare le modifiche. Successivamente si generano i pilastri con il comando *Elemento d2* ► *Generazione elemento d2* cliccando prima sul nodo a quota zero e poi sul nodo a quota 600 cm per congiungerli con un elemento tipo trave.

genera elemento D2	– 🗆 🗙	genera elemento D2	- 🗆 X
x nodo ini= 0.0 y nodo ini= 0.0 x nodo ini= 0.0 y nodo ini= 0.0	z nodo ini= 0.0 z nodo fin= 600	x nodo ini= 2000 y nodo ini= 0.0 x nodo fin= 2000 y nodo fin= 0.0	z nodo ini= 0.0 z nodo fin= 600
OK Esci	i	ОК	Esci
Si deve ottenere questo risultato:	216		
	le le		
		1	

Una volta generati i pilastri si usa il generatore di capriate per far modellare automaticamente i restanti elementi strutturali al programma. Il generatore si attiva con il comando *Genera* ► *Capriate*.



🖍 D2 👻 🦯 Elemento D2

Nella finestra *Generazione capriate* è necessario selezionare la capriata tipo 1 ed inserire i parametri come da figura:



Il risultato dell'operazione è illustrato nella figura seguente:



A questo punto è necessario definire i vincoli alla base della struttura: con il comando *Edita proprietà* si deve cliccare su uno dei due nodi alla base per aprire la finestra *Edita proprietà nodo*. Si modella un incastro bloccando tutte le traslazioni e tutte le rotazioni nel nodo come nella figura sottostante:

Edita proprietà nodi	д 🛛 🖓 🖓
🖭 😡 🗹 🔍	1 - 197
Posizione	
х	0.0 [cm]
Y	0.0 [cm]
Z	0.0 [cm]
🗄 Generalità	
Fondazione	Fondazione non definita
Layer	Layer 0
Isolatore	Isolatore non previsto
🗄 Codici di vincol	o rigido
🚺 TX	
V TY	
TZ 🔽	
RX RX	
🔽 RY	
🔽 RZ	

Per assegnare lo stesso vincolo rigido all'altro nodo alla base è sufficiente utilizzare il comando *Setta riferimento* (all'interno della finestra *Edita proprietà nodi*), selezionare il nodo con il comando *Vicino*, cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica ed infine usare il comando *Assegna riferimento*. Se l'operazione è andata a buon fine nei nodi alla base della struttura apparirà un simbolo per segnalare che i movimenti sono bloccati. Se il simbolo è di colore blu indica che è stata impedita una traslazione, se è verde indica una rotazione impedita, se è rosso indica che è impedita sia la traslazione che la rotazione.

-

Per terminare la modellazione della struttura è necessario assegnare la sezione corretta agli elementi strutturali creati con il generatore. Per prima cosa si va ad assegnare agli elementi di estremità della capriata la stessa sezione con cui sono modellati i pilastri. Per fare questo si usa il comando *Edita proprietà* e si clicca su uno dei due pilastri. All'interno della tabella *Edita proprietà d2* si clicca sul comando setta riferimento. Nella finestra grafica si selezionano con il comando *Vicino* i due elementi di estremità della capriata, si clicca con il tasto destro del mouse all'interno della finestra grafica e si usa il comando *Assegna riferimento*.

Fatta questa operazione si deselezionano tutti gli elementi con il comando *Niente* e si procede con la definizione delle caratteristiche degli elementi della capriata. Per quanto riguarda il corrente superiore si usa il comando *Setta* ► *Setta riferimento d2* e si indicano le proprietà come da figura:

Sotta •		
O Setta Riferimento Nodo		
Setta Riferimento D2	Imposta proprietà di riferimento D2	a 🙆
Cotto Billorimanto D2	E Generalità	
Seria Poreranento ES	Elemento tipo	Trave
	Sezione	[1] 2 LU 90x8 affiancati a dist.=12.00
Setta Riferimento Solidi	Rotazione	180.0 [gradi]
and the second second second second	Materiale	[10] acciaio Fe300 - 5235
Setta Riferimento Solai	Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM05
-23	Filofisso	elemento in asse

Per assegnare le proprietà al corrente si usa il comando *Setta riferimento* (all'interno della finestra *Imposta proprietà di riferimento d2*), si selezionano gli elementi d2 del corrente superiore, si clicca con il tasto destro del mouse nella finestra grafica di PRO_SAP ed infine si usa il comando *Assegna riferimento*. Si procede in maniera analoga per gli altri elementi della capriata, le proprietà del corrente inferiore sono le seguenti:

Imposta proprietă di interimente 20 🛷 🕫 🛷 • 🔊	02 ¥ @
🖶 Generalità	
Elemento tipo	Trave
Sectione	[3] 2 10 50x6 afflancati a dist.=12.00
Rotazione	0.0 gradi]
Materiale	[10] acciaio Fe300 - \$235
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
File fisse	elemento in asse

Per gli elementi verticali della capriata assegnare le seguenti proprietà:

Importa proprietà di illerimente	s D2 🛛 🖉 🗃
12 1 1 1 1 1 1	
🗟 Generalità	
Elemento tipo	/ Anta
Sazione	[4] 2 LU 50:6 a farfalta a dot.:: 12.00
Rotazione	0.0 [gradi]
Materiale	[10] acciato Fe360 - 5235
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
Filofisse	elemento in asse

Infine, per gli elementi diagonali della capriata assegnare le seguenti proprietà:

Edita proprietà GJ	1 ()
🗏 Generalità	
Elemento tipo	Ante
Sealone	[3] 2 10 50x6 affiancati a dist.=12.00
Rotazione	0.0 gradi]
Materiale	(10) acciaio Fe300 - 5235
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
File fisse	elemento in asse

Al termine della modellazione degli elementi strutturali si ottiene la seguente geometria:



Per capire se le sezioni sono state modellate correttamente è sufficiente controllare il colore delle aste nella vista filo di ferro: il programma di default colora le aste in base alla sezione che è stata loro assegnata quindi elementi che devono avere le stesse proprietà devono avere anche lo stesso colore. È comunque possibile agire nella finestra *Uso colori* a cui è possibile accedere con il comando presente all'interno del gruppo *Vista* per modificare i criteri con cui il programma assegna la colorazione agli elementi. È comunque consigliabile effettuare dei controlli a campione sugli elementi strutturali per verificare che abbiano le proprietà corrette.

Controllo dati struttura

Al termine dell'introduzione dei dati, per poter passare al contesto successivo di Assegnazione carichi è necessario eseguire il comando **Contesto ► Check dati struttura.** Check dati struttura esegue una scansione della struttura assegnando la numerazione agli elementi, raggruppandoli in macroelementi e cercando eventuali errori di modellazione. Nel caso il programma riscontri problemi od errori li segnala al progettista per ulteriori controlli, gli elementi interessati sono automaticamente selezionati. È possibile isolarli per studiarli più approfonditamente: è sufficiente cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica ed usare il comando **Visualizza ► Isola topologia**.

Controllo dello stato - report	×
Controllo nodi	~
Controllo intersezioni	
Controllo dimensionale elementi	
Biordinamento elementi D2	
Biordinamento elementi D.3	
Controllo autonumerazione	
Controllo sovrannoisizioni	
Controllo potenziali Iabilità	
Controllo potenziari abilità	
Controllo sezioni	
Controllo Material	
Lontrollo fondazioni speciali	
Controllo archivi di carico solai	
L'ontrollo assegnazioni agli elementi	
Controllo dettami sismici per elementi D2	
Generazione macroelementi da elementi D2	
Generazione macroelementi da elementi D3	
Controllo fili fissi ed offset	
Processo completato !	
	\sim

Durante la fase di modellazione, a scopo di verifica, si consiglia di eseguire più volte il comando per il controllo dei dati della struttura.

Assegnazione dei carichi alla struttura

Definizione dei casi di carico

Nel Contesto *Assegnazione carichi* è possibile definire ed assegnare i carichi di progetto agli elementi strutturali. PRO_SAP dispone di alcuni automatismi che premettono al programma di definire alcune tipologie di carico senza necessità di intervento da parte dell'utente.

I carichi sono organizzati in *Casi di carico*, cioè archivi di carichi di tipologia omogenea, per definirli si usa il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico*.

🛕 Dati di carico 🔻

Se l'archivio dei casi di carico è vuoto il programma chiede se il progettista vuole sfruttare gli automatismi. In questo esempio è necessario rispondere *No* perché i casi di carico verranno definiti manualmente.



Al termine della scelta si apre l'archivio dei casi di carico, il programma ha automaticamente definito il caso di carico del peso proprio della struttura a cui è necessario aggiungere, nella posizione numero 2 dell'archivio, un caso di carico tipo *Permanente generico*. Questo caso di carico va definito cliccando due volte sul simbolo *Gk* e selezionando l'opzione *G1: compiutamente definito* nella finestra *Definizione permanente*. Per confermare le modifiche premere il pulsante *Applica* (se non viene premuto *Applica* il caso di carico non verrà definito).

Definizione permanente	×
 G1: compiutamente definito C G2: non compiutamente definito (es. tramezzi) 	
🔲 USA per fase 1 travi reticolari miste	
0K Annulla	

Nell'archivio dei casi di carico sono presenti i seguenti elementi:

Peso proprio della struttura.

E Permanente generico

Per quanto riguarda il *Peso proprio della struttura* il programma determina automaticamente l'entità del carico in base alle caratteristiche del materiale assegnato agli elementi strutturali; per definire l'entità del carico *Permanente generico* è necessario utilizzare il comando *Dati di carico* ► *Carichi generici*.

Definizione dei carichi generici

Una volta modellati i casi di carico è necessario definire i *Carichi generici*. Il comando da utilizzare è *Dati di carico* ► *Carichi generici*.

🙈 Dati di carico 🔻

Per questo esempio si definisce un carico nodale con l'apposito comando contenuto all'interno della *Tabella dei carichi generici*. Si accede alla finestra *Carico nodale* all'interno della quale è possibile specificare l'entità del carico. Inserito il carico come in figura si deve premere il tasto *Ok* per uscire ed il comando *Applica* per confermare le modifiche (se non si usa il comando *Applica* il carico non verrà definito).

Tabella dei carichi generici X	Carico nodale		×
	Stringa identificativa		
	Dati di carico		Z
	forza Fx	0.0 [daN]	Mx
	forza Fy	0.0 [daN]	
	forza Fz	-1300.0 [daN]	Mz Hz WW y
	coppia Mx	0.0 [daN cm]	
	coppia My	0.0 [daN cm]	FX X
	coppia Mz	0.0 [daN cm]	
Carico generico corrente			
Copia Incolla I 🕂			
Applica Annulla Elimina			OK Annulla

Definito il carico, per applicarlo agli elementi strutturali si usa il comando *Edita* e si clicca sul nodo nel quale si desidera applicare il carico. In questo esempio il carico va applicato ai nodi del corrente superiore, perciò dopo aver selezionato il comando *Edita* è necessario cliccare su uno di questi nodi. Si apre la *Tabella dei carichi applicabili*:

🔥 Edita

Tabella dei carichi applicabil	i			—			×
[1] CN:Fz=-1300.00	-	[2] CD	C=G1k	(perman	iente	generico	o) 🔻
<mark>2</mark> [1] CN:Fz=-1300.00		⊡Gk	(2) CD [] [1	IC=G1k] CN:Fz=	(perm 130	ianente (0.00	generico
		<					>
Applica	Annul	la		Se	tta Ri	ferimento	Þ

Nella parte sinistra si trovano i carichi generici definiti, nella parte destra i casi di carico dove è possibile applicare il carico generico. Per assegnare il carico alla trave è sufficiente trascinare il carico generico nel caso di carico desiderato. Una volta assegnato il carico è necessario usare il comando *Applica* per confermare le modifiche (se non viene dato il comando *Applica* il carico non verrà assegnato all'elemento). Se si desidera applicare il carico anche ad altri elementi strutturali è necessario utilizzare il comando *Setta riferimento* per memorizzare le impostazioni del carico. Successivamente vanno selezionati tutti gli elementi a cui va applicato lo stesso carico. Una volta selezionati gli elementi si deve cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica di PRO_SAP ed utilizzare il comando *Assegna riferimento* per applicare automaticamente il carico a tutti gli elementi selezionati.

Al termine dell'assegnazione dei carichi alla struttura è possibile controllare se i carichi sono stati assegnati correttamente alla struttura con il comando *Vedi caso di carico*. Questo comando permette di visualizzare i carichi assegnati alla struttura per ogni singolo caso di carico.

杰

Controllando il caso di carico numero 2, Permanente generico i carichi applicati alla struttura sono i seguenti:



Definizione delle combinazioni

Per definire le combinazioni di calcolo si deve utilizzare il comando **Dati di carico ► Combinazioni**. In questo modo si apre la *Tabella delle combinazioni*.

Â	Dati	di	carico	Ŧ
---	------	----	--------	---

po comb.	Tabella	delle combi o selezionato	nazioni				
ipo combi. Impostazioni generali Combin LC 1 LC 2 CMB 1 1.30 1.30 CMB 2 1.00 1.00 CMB 3 1.00 1.00 CMB 4 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 Conditioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. strutt. S.L.E. rare Condinaie S.L.U. accid S.L.E. (perm.] Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti							
Combin LC 1 LC 2 CMB 1 1.30 1.30 CMB 2 1.00 1.00 CMB 3 1.00 1.00 CMB 4 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 CMB 6 1.00 1.00 CMB 7 1.00 1.00 CMB 7 1.00 1.00 CMB 7 1.00 1.00 Conditionian Ambiente per S.L.E. S.L.U. strutt. S.L.E. freq. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.) S.L.U. scotd. Condinaie Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	po comb.		•	I			
CMB 1 1.30 1.30 CMB 2 1.00 1.00 CMB 3 1.00 1.00 CMB 4 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. strutt. S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. [perm.] © Ordinarie Combina come PR0_SAP vs. 2005:12:137 e precedenti	Combin	LC 1	LC 2				
CMB 2 1.00 1.00 CMB 3 1.00 1.00 CMB 4 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 CMB 6 1.00 1.00 Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.E. rare T.ammissibili Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.) G Ordinarie Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	CMB 1	1.30	1.30				
CMB 3 1.00 1.00 CMB 4 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 Aggiungi Rimuovi Impostazioni generali Approccio 1 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. (perm.] Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.] Combina come PR0_SAP vs. 2005:12:137 e precedenti	CMB 2	1.00	1.00				
CMB 4 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 CMB 5 1.00 1.00 Aggiungi Rimuovi Generazione automatica Impostazioni generali Approccio 1 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.) © Ordinarie Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	CMB 3	1.00	1.00				
CMB 5 1.00 1.00 Aggiungi Rimuovi Generazione automatica Impostazioni generali Approccio 1 Rimuovi tutto S.LU. strutt. S.LE. rare Condizioni Ambiente per S.L.E. S.LU. accid. S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.) Condizioni Ambiente per S.L.E. Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	CMB 4	1.00	1.00				
Aggiungi Rimuovi Generazione automatica Impostazioni generali Approccio 1 Approccio 2 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. [perm.] © Ordinarie Combina come PR0_SAP vs. 2005:12:137 e precedenti	CMB 5	1.00	1.00				
Aggiungi Rimuovi Generazione automatica Impostazioni generali Approccio 1 Approccio 2 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. [perm.] © Ordinarie Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti							
Aggiungi Rimuovi Generazione automatica Impostazioni generali Approccio 1 Approccio 2 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.)							
Aggiungi Rimuovi Generazione automatica Impostazioni generali Approccio 1 Approccio 2 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.) © Ordinarie Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti							
Aggiungi Rimuovi Generazione automatica Impostazioni generali Approccio 1 Approccio 2 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. [perm.] © Ordinarie Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti							
Aggiungi Bimuovi Generazione automatica Impostazioni generali Approccio 1 Approccio 2 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. [perm.] © Ordinarie Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti							
Aggiungi Rimuovi Contractori generali Approccio 1 Approccio 2 Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. freq. Condicioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.) © Ordinarie Orgenssive Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti				- Generatione a	utomatica		
Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L. sismica S.L.E. freq. Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.) © Ordinarie C Aggressive Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	Aggiung	i Rin	nuovi			A	Annualia 2
Rimuovi tutto S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Leggi file Scrivi file S.L.U. strutt. S.L.E. rare T.ammissibili Condizioni Ambiente per S.L.E. S.L.U. accid. S.L.E. (perm.) S.L.E. (perm.) © Ordinarie C.Aggressive Combina come PR0_SAP vs. 2005:12:137 e precedenti				Impostaz	ioni generali	Approccio I	Approceio 2
Leggi file Scrivi file Condicioni Ambiente per S.L.E. S.L. sismica © Ordinarie S.L.U. accid C Aggressive S.L.E. (perm.) C Molto aggressive Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	F	limuovi tutto		S.L.U. strutt.	S.L.E. rare	T.ammissibili	
Condizioni Ambiente per S.L.E. © Ordinarie © Aggressive © Molto aggressive © Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	Leggi fil	e Scr	ivi file	S.L. sismica	S.L.E. freq.		
Condizioni Ambiente per S.L.E. [perm.] S.L.E. [perm.] S.L.E. [perm.] S.L.E. [perm.] Gagressive Molto aggressive Combina come PRO_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti				CL 11	CI 5 / 1		
Ordinarie Aggressive Molto aggressive Combina come PR0_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	Condizioni	Ambiente per	r S.L.E.	S.L.U. accid.	S.L.E. [perm.]		
C Aggressive C Molto aggressive	G Ordina	ria.					
C Molto aggressive	C .						
C Molto aggressive Combina come PRO_SAP vs. 2005-12-137 e precedenti	Aggre	ssive					
	O Molto	aggressive		🗌 🗖 Combina co	me PRO_SAP vs. 2	2005-12-137 e pre	cedenti
01/ 1							-

Il programma consente di generare automaticamente le combinazioni di calcolo come previste dal D.M. 2018. Per sfruttare gli automatismi è necessario usare il comando *Impostazioni generali* che tramite una procedura guidata in quattro passi permette di impostare i coefficienti e le regole per combinare i carichi agenti sulla struttura.

Non avendo inserito casi di carico di tipo variabile, è possibile andare direttamente al passo 4 – *Scenari di carico* dove è possibile inserire i coefficienti di sicurezza da applicare nella generazione delle combinazioni di calcolo. Di default sono preimpostati i valori del D.M. 2018.

enari di carico								×
SLU non sismici					_			_
5	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q	-
Fattori di comb. A1 [STR]	1.3	<u></u>	1.5	0.8			1.5	
Fattori di comb. A2 [GEO]	p	μ]1.3	0.8	1	1	1.3	
SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5	
SL per azioni sismiche	~		~~		_			_
g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q	
Fattori di comb. A1 1	1	1	1	1	1	1	1	
Fattori di comb. A2 1	1	1	1	1	1	1	1	
Applica EC8 4.4.2.6(8) (in q	uesto caso	utilizzare g	E maggiore	di 1)				
SLU per azioni accidentali	g G1 max	a G1 min	n G2 may	a G2 min	o P max	a P min	0.0	
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1	-
Nota importante: i valori max e min dc permanenti e precompression permutazione possono portare ad combinazioni particolarmente eleva	in tabella (r e) applicati un numero ato.	iferiti ai con di	Permuta	valori g min e	e g max			
			Indietro	Fine		nnulla	Default	

Concludendo la procedura si possono generare le combinazioni sfruttando gli automatismi di PRO_SAP. In questo esempio si utilizzano i seguenti comandi:

S.L.U. strutt.	S.L.E. rare
	S.L.E. freq.
	S.L.E. [perm.]

Esecuzione delle analisi e controllo dei risultati

Esecuzione delle analisi

Si lanciano le analisi con l'apposito comando. Al termine diventa disponibile il report all'interno del quale vengono indicati eventuali problemi od errori nel calcolo.

Controllo dello stato - report	×
Scrittura file per analisi in corso CDC 1 Forze risultanti: X= 0.000e+00 Y= 0.000e+00 Z= CDC 1 Coppie risultanti: X= 0.000e+00 Y= 2.025e+06 Z= CDC 2 Forze risultanti: X= 0.000e+00 Y= 2.025e+06 Z= CDC 2 Forze risultanti: X= 0.000e+00 Y= 1.170e+07 Z= Scrittura file per analisi effettuata. Controllo caso di carico 1 Risultati archiviati Controllo caso di carico 2 Risultati archiviati Controllo cavvertimenti (warning) del solutore in corso Processo completato !	2.025e+03 = 0.000e+00 1.170e+04 = 0.000e+00
	~

Controllo dei risultati delle analisi

I risultati disponibili al termine delle analisi sono quelli riportati nell'immagine seguente:



Si tratta rispettivamente di spostamenti nodali, reazioni vincolari, azioni sulle fondazioni, sollecitazioni negli elementi d2, tensioni negli elementi d3, azioni negli elementi d3, tensioni negli elementi solidi, deformate, risultati globali. In più ci sono i comandi massimo e minimo che permettono una scansione automatica delle combinazioni di calcolo per cercare quella dove il risultato visualizzato è massimo (o minimo).

Per visualizzare un risultato è necessario selezionare una combinazione con il comando Vedi combinazione e successivamente il risultato di interesse scegliendo tra quelli messi a disposizione da PRO_SAP.



3

Per esempio attivando il comando *Vedi combinazione*, selezionando la combinazione numero 1 ed il risultato *Azioni D2* ► *Momento 3-3* si ottiene la mappa riportata in figura:



Analogamente, attivando *Vedi combinazione*, selezionando la combinazione numero 1 ed il risultato *Movimenti nodi* ► *Traslazione* Z si possono vedere gli spostamenti nodali in direzione dell'asse Z.


Per visualizzare altre tipologie di risultati si procede in modo analogo.

In PRO_SAP è possibile anche vedere i risultati relativi al singolo elemento strutturale. È necessario visualizzare una tipologia di risultato, cliccare sul comando *Controlla* e successivamente sull'elemento di cui si è interessati ai risultati. In questo modo si accede alla *Finestra di controllo generale,* nell'esempio in figura si stanno visualizzando le sollecitazioni su un elemento d2.



Finestra di controllo generale	– 🗆 X
E- Azioni T V2 V3 T = 0.0 V2= 1273.99 V3= 0.0 E- Azioni N M2·2 M3·3 	
	Genera esecutivi Posizione corrente = 300.00

Progettazione degli elementi strutturali

Definizione dei criteri di progetto

Per eseguire la progettazione degli elementi strutturali è necessario definire l'archivio dei *Criteri di progetto*. I criteri di progetto contengono le informazioni utili al programma per progettare e verificare gli elementi strutturali. È possibile accedere alla *Tabella dei criteri di progetto* tramite il comando *Dati progetto* ► *Criteri di progetto*. Per questo esempio sono necessari criteri di progetto per travi in acciaio, pilastri in acciaio ed aste in acciaio.

active of the state of the program	14	Care of the Control Progetter	
Parellica Gastica Instica, Plasti acc. Texasca	Plantroa Seletos Atransco Mundum Eigno St.Alt	Pavite Gustien Tevise Battien Tevise	Plastrica Solatica Advance Manatura Legato XCAR
E Langhease Hore	and the second second	(i) Lumpheore libere	Carlos I. Sheet Directeral
3-3 Rets * Lautove stice	1515	Methodo di catacolo 3-2	L Scorgruto
5-3 fleta amegnatz	1.9	3-3 Seta anagosto	1.0
5-3 Bete "Lanegeato	0.0 (cm)	3-3 Sets * Lanagratio	0.010m7
2 3-2 Recs * L Sectore at ion	No. and	Methdo di carcolo 3-2	1 Acceptato
2-2 Deta atolgisota	10	2-2 lists acongruto	10
2-2 Bete 11 acceptor	0.0 (cm)	2-2 Bets 1 Lansgesto	0.010m1
1 1-1 Bete * Loudow ation	102220	1-1 Beta exergisatio	1.0
1-1 Sets arregunts	10	L-1 Eleta * L accelgnato	0.0 (cm)
3-2 Deta "Lansegnato	0.0 [cm]	E Generalita	
- Generalità	22223	2 Bileto del 2 andare	
Laze di taglio per Gil	LD [cw]	Morecett equivalenti	
Use conditionil Le D	2001	(2) Use condition (1 all)	
Z Morranti equivalenti			
Carlos Marcalle Marca C			
Cintorne di progratio D#505	221	Otxero di progetta DMB8	
A REAL PROPERTY AND A REAL PROPERTY.	a contract the second	and the second se	a construction of the

🕅 Dati di progetto 🔻

Per questo esempio sia per i pilastri che per le travi si impone un coefficiente beta unitario per il calcolo della lunghezza libera di inflessione. Per gli elementi tipo asta invece si impone un beta pari a 0,8.

I criteri di progetto vengono assegnati agli elementi esattamente come le altre proprietà. Si usa il comando *Edita* e si clicca su una trave di fondazione qualunque per aprire la finestra *Edita proprietà d2* e si modifica il criterio di progetto. Per assegnarlo ad altri elementi strutturali è sufficiente usare il comando *Setta riferimento*, selezionare gli elementi a cui assegnare il criterio e quindi usare il comando *Assegna criterio*. Per questo esempio la procedura non è necessaria dal momento che per tutti gli elementi si usa il criterio di progetto numero 1.

Esecuzione della progettazione

Una volta definiti i criteri di progetto si può eseguire il progetto e la verifica degli elementi. Bisogna selezionare gli elementi che si intende progettare oppure, se si desidera progettare l'intera struttura, usare il comando *Seleziona tutto*. La progettazione si avvia con il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Stati Limite*.



Al termine della progettazione il programma segnala la presenza di eventuali elementi non verificati. Se non si visualizza nessun messaggio, tutte le verifiche sono soddisfatte.

Controllo dei risultati della progettazione

I risultati della progettazione vengono illustrati separatamente per ogni tipologia di elemento strutturale. È necessario usare i comandi contenuti nel menù *Acciaio s.l.*



Il primo risultato che si ha a disposizione nel menù è lo *Stato di progetto*. Attivando questo comando si vede lo stato di verifica della struttura:

- (iii) colore **rosso** ► elementi *non verificati*,
- (iv) colore ciano ► elementi verificati.



Il comando *Sfruttamento* attiva una mappa cromatica che fornisce lo sfruttamento espresso in percentuale degli elementi strutturali. Il valore dello sfruttamento è dato dal valore più elevato tra quelli delle verifiche di resistenza e di stabilità.



Per capire da dove deriva il valore dello sfruttamento è necessario controllare i risultati delle singole verifiche eseguite dal programma.

È possibile utilizzare il comando *Controlla* per approfondire i risultati delle verifiche sui singoli elementi strutturali. Cliccando su *Controlla* e successivamente sull'elemento strutturale di interesse si accede alla *Finestra di controllo generale* che per ogni verifica riporta il risultato, la combinazione di calcolo di riferimento, le sollecitazioni di progetto, risultati parziali e parametri considerati nel calcolo. In questo modo il progettista può controllare la bontà dei calcoli eseguiti dal programma.

Finestra di controllo generale		– 🗆 X
Stato di progetto e verifica Stato D2 : OK (verifica) Taglio : OK (verifica) Resistenza : OK (verifica) (Characteriza : OK (verifica))		
Tesso-disorder UN (non inclusiva) Stabilità : DK (veninca) Telaio dissipativo :DK (non inclusiva)		
 ∀.er. 4.2.4.1.2 per taglio-torsione ∀.er. 4.2.4.1.2 per taglio-torsione ∀.erifica: 0.12 (4.2.88 stab. arima) ∀.erifica: 0.12 (4.2.88 stab. arima) ∀.erifica: 0.12 (4.2.88 stab. arima) ∀.erifica: 0.36 in cmb: 1 (N; M2; M3) = -4934.30 779.35 -2739.91 Classe: 3 fattore V (1+o): 1.00 ∀.erifica: 0.01 in cmb: 0 M3 = 0.0 ↓.Verifica: 0.01 in cmb: 0 M3 = 0.0 ↓.Verifica: 0.02 in cmb: 0 M3 = 0.0 ↓.Verifica: 0.12 in cmb: 0 M3 = 0.0 ↓.Verifica: 0.12 in cmb: 0 M3 = 0.0 ↓.Verifica: 0.12 in cmb: 0 M3 = 0.0 ↓.Verifica: 0.72 in cmb: 1 (N; M2; M3) = -4934.30 779.35 -2739.91 		i
	Genera Sinc esecutivi rep	ronia Jort Genera report
	Posizione corrente = 0.0	

Generazione degli elaborati: esecutivi e relazione di calcolo

Per le strutture in acciaio è possibile sfruttare i moduli di PRO_SAP per il progetto dei collegamenti tra i vari elementi strutturali.

Generazione degli esecutivi - Carpenterie

Il comando per generare gli esecutivi delle carpenterie è **Contesto** > **Generazione esecutivi** > **Esecutivi** carpenterie acciaio.



Utilizzando questo comando si avvia automaticamente il modulo *PRO_CAD Disegno acciaio* che importa dal modello la geometria della struttura, le sezioni, il materiale e le sollecitazioni agenti sulle aste, quindi non è necessario rimodellare la struttura ma solamente definire le caratteristiche dei collegamenti.



È possibile ottenere una vista solida del telaio come quella presentata nella figura precedente con il comando *Vedi solido*.

Il primo comando da utilizzare per creare i collegamenti è *Distanza tra i profili* che consente di spezzare i profili ad una certa distanza dal nodo per permettere l'inserimento della piastra metallica. Prima di attivare il comando è necessario selezionare i nodi che si intende progettare. In questo esempio si usa la funzione Non interrompere se allineate e con le medesime caratteristiche per indicare al programma di non spezzare

il corrente superiore e quello inferiore.

the second se	
Distanza tra i profili	×
Distanza min. tra le aste (cm)	0
Non interrompere se alline le medesime caratteristich	eate e con
<u> </u>	nnulla

Una volta spezzate le aste, con il comando *Imposta nodo* si va a scegliere la tipologia di nodo da realizzare tra le due messe a disposizione dal programma: collegamento bullonato e collegamento saldato. In questo esempio si andranno a realizzare collegamenti saldati. Imponendo lo spessore del cordone di saldatura ed il materiale da utilizzare per la piastra metallica il programma genera automaticamente la connessione. È tuttavia possibile modificare quanto il programma disegna automaticamente.



Una volta completata la progettazione dei collegamenti si può passare alle verifiche con il comando **Verifica nodi** ► **Relazione** che contemporaneamente lancia anche la scrittura della relazione di calcolo. Salvando la relazione nel percorso proposto dal programma, ovvero la cartella *rel\appendice_testi* contenuta nella cartella *data* del modello, la relazione verrà automaticamente allegata a quella generale della struttura. [Verifica nodi]

Relazione

Con il comando *Genera dxf* è possibile ottenere l'esecutivo in formato dxf. Prima di generare l'esecutivo è necessario salvare i dati.

Generazione degli esecutivi – Piastra di base



La progettazione e la verifica della piastra di base vengono eseguiti all'interno del modulo *PRO_CAD Nodi acciaio*. È necessario accedere alla *Finestra di controllo generale* cliccando con il comando *Controlla* su un pilastro, scorrere con il cursore fino alla sezione alla base ed utilizzare il comando *Genera esecutivi* > *Esecutivo collegamento*.

Viene automaticamente avviato *PRO_CAD Nodi acciaio* ed il modulo importa automaticamente la geometria, il materiale e le sollecitazioni degli elementi strutturali, automaticamente viene riconosciuto che la tipologia di collegamento è una piastra di base, per procedere alla progettazione è sufficiente inserire i dati dei tirafondi e della piastra. Di default sono già preimpostati i limiti dati dal D.M. 2018 per le distanze dei bulloni dai bordi

della flangia e per quelle reciproche tra due bulloni.



È possibile personalizzare la flangia aggiungendo od eliminando bulloni e nervature ed inoltre con il comando *Edita geometria unione* si accede alla finestra *Disposizione dei bulloni* dove indicare le dimensioni della piastra e modificare la posizione dei bulloni.

Per eseguire le verifiche si deve utilizzare il comando *Verifica*. Viene richiesto il tipo di calcolo da effettuare ed i coefficienti di sicurezza da utilizzare anche se di default sono già preimpostati quelli del D.M. 2018. Con questo comando viene anche automaticamente scritta la relazione di calcolo. Salvando la relazione nel percorso proposto dal programma, ovvero la cartella *rel\appendice_testi* contenuta nella cartella *data* del modello, la relazione verrà automaticamente allegata a quella generale della struttura.

TOP OF

Con il comando *Genera dxf* è possibile ottenere l'esecutivo in formato dxf. Prima di generare l'esecutivo è necessario salvare i dati.

Generazione della relazione di calcolo

Per la stampa della relazione di calcolo è necessario utilizzare il comando **Contesto ► Relazione di** calcolo. Si accede così alla finestra *Opzioni di stampa* che consente la selezione del programma da utilizzare per la stampa, dei capitoli da stampare, del numero di risultati da riportare, delle immagini da allegare. Se sono state generate le relazioni dei moduli per i collegamenti e sono state salvate nella cartella data\rel\appendice_testi verranno automaticamente allegate.



Esempio guidato 4

Verifica sismica di un edificio in muratura



Esempio guidato 4 - Verifica sismica di un edificio in muratura

In questo esempio viene eseguita la verifica sismica di un edificio in muratura. Viene effettuata un'analisi statica lineare e la progettazione agli Stati Limite secondo il D.M. 18. Per maggiori approfondimenti sulla modellazione di strutture in muratura si rimanda ai videocorsi disponibili all'indirizzo internet *www.2si.it/video.php*

Apertura dell'esempio

Per aprire l'esempio è necessario utilizzare i seguenti comandi: Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio4.psp

Se invece si desidera eseguire la modellazione della struttura da zero, aprire una nuova sessione di PRO_SAP e seguire le indicazioni dei punti successivi.



Normative ed archivi

Normative utilizzate

Con il comando **Preferenze** ► **Normative** si accede alla finestra che consente di selezionare le normative da utilizzare nel calcolo. In questa finestra è possibile accedere anche ai comandi avanzati che permettono di modificare alcuni parametri da utilizzare nelle verifiche della struttura. Di default il programma utilizza il D.M. 2018 per il progetto e la verifica degli elementi strutturali.

💮 Preferenze 🔻



Definizione dell'archivio delle sezioni

Nell'archivio delle sezioni è possibile specificare le sezioni che si intendono assegnare agli elementi strutturali. Vi si accede con il comando **Dati struttura ► Sezioni.**

🞕 Dati struttura 🔻

In questo esempio sarà necessaria una sezione rettangolare per modellare i cordoli di piano:

		geometria sezione		×
		Stringa identificativa	Cordolo	
		🗉 Generalità		
Totella delle serroni		Utilizzo previsto	per elementi in c.a.	
A STATE AND A STAT	100	Dimensioni		
Participantes Amongs and aparts Among as hours, doub.		base B	30.0 [cm]	н
Casteriore (renauda naverade) renauda ingituande		altezza H	20.0 [cm]	
Sedoni generiorie Profili semploi Piofili accospiati				+_D→
B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-B-	+			
4 4 6 2 4 6 4 4				
A KE OF BE AN ALL ALL DA	1			
and have been also been				
Pr 01: 10: 20 III				
4 4 10 41 4.3.	13 // // Y			
	Copia			
	Arrula Esc		1	
	Department Constrained	Stringa identificativa		
Contrille Refrangelises (h-30 h-20	Freedow 1 (tr. 201			0K Ann.#.
2004/14/24/17/24/2007/01/2017	Nepea 1 2			UK Annulla

Una volta creata la sezione è necessario premere *Applica* per confermare le modifiche. Se non si preme il pulsante *Applica* la sezione non verrà creata.

Definizione dei criteri di progetto

Per eseguire le verifiche sugli elementi strutturali è necessario definire l'archivio dei criteri di progetto. Per una struttura in muratura è conveniente definire l'archivio già nel Contesto *Introduzione dati*; in questo modo è possibile definire due criteri di progetto distinti: uno per i maschi murari ed un altro per le fasce di piano. Assegnando i criteri agli elementi d3 che fanno parte rispettivamente di un maschio e di una fascia il programma, durante il check dati struttura crea automaticamente degli elementi macro che identificano i maschi e le fasce che compongono la struttura.

Pareti c.a. Gusci c.a. Travi c.a. Plastri c.a. Solai e panneli Atte acc. Plastri acc. Travi acc. Muratura Legno XLAM Lunghezze libere Attezza interpiano 0.0 [cm] Rho 0.85 Snellezza limite 20.0 Beneralità Camma non sismico 3.0 Gamma non sismico 2.0 Gamma non sismico 3.0 Gamma non sismico 2.0 Camma non sismico 3.0 Media valori per quota Media valori per quota Media valori per quota Media valori per quota Wefifica come fascia W usa formula [7.8.3] Usa formula [7.8.3] Usa formula [7.8.3] Wefifica come fascia	Tabella dei criteri di progetto					Tabella dei criteri di progetto 🛛 🗙					Tab			
Lunghezze libere Altezza interpiano 0.0 [cm] Rho 0.85 Snellezza limite 20.0 Generalità Gamma non sismico Gamma sismico 2.0 Tolleranza azioni 0.2 [daN/cm2] Media valori per quota Image: Signal and the	elli Aste acc. XLAM	Solai e pannelli Legno	Pilastri c.a. Muratura	Travi c.a. acc.	Gusci c.a. Travi a	Pareti c.a. Pilastri acc.	Aste acc.	li /	Solai e pannelli Legno	Pilastri c.a. Muratura	Travic.a.	Gusci c.a.	areti c.a. Pilastri acc.	
Altezza interpiano 0.0 [cm] Rho 0.85 Snellezza limite 20.0 Generalità 20.0 Gamma non sismico 3.0 Gamma sismico 2.0 Tolleranza azioni 0.2 [daN/cm2] Media valori per quota Image: Media valori per elemento Verifica come fascia Image: Media valori per elemento Usa formula [7.8.3] Image: Media valori per elemento Vusa formula [7.8.3] Image: Media valori per elemento					bere	🗉 Lunghezze li	1					bere	Lunghezze lib	
Rho 0.85 Snellezza limite 20.0 Generalità 3.0 Gamma non sismico 2.0 Gamma sismico 2.0 Tolleranza azioni 0.2 [daN/cm2] Media valori per elemento 0.1 [daN/cm2] Verifica come fascia 20 Usa formula [7.8.3] 20			0.0 [cm]		iano	Altezza interp				0.0 [cm]		iano	Altezza interpia	
Snellezza limite 20.0 Generalità			0.85	Rho						0.85			Rho	
□ Generalità □ 3.0 □ 3.0 □ 0.2 □ 0.2 □ Media valori per quota □ Verifica come fascia □ Usa formula [7.8.3]			20.0		te	Snellezza limi				20.0		e	Snellezza limite	
Gamma non sismico 3.0 Gamma sismico 2.0 Tolleranza azioni 0.2 [daN/cm2] Media valori per quota 0 Verifica come fascia 0 Usa formula [7.8.3] 0						🗆 Generalità							Generalità	-
Gamma sismico 2.0 Tolleranza azioni 0.2 [daN/cm2] Ø Media valori per quota 0.1 [daN/cm2] Ø Media valori per quota Ø Media valori per quota Ø Verifica come fascia Ø Media valori per elemento Ø Usa formula [7.8.3] Ø Usa formula [7.8.3]			3.0		sismico	Gamma non				3.0		ismico	Gamma non si	
Tolleranza azioni 0.2 [daN/cm2] Media valori per quota Image: Constraint of the second of			2.0		ico	Gamma sism				2.0		со	Gamma sismic	
Media valori per quota Media valori per elemento Verifica come fascia Usa formula [7.8.3]		2]	0.1 [daN/cm2		oni	Tolleranza azi]	0.2 [daN/cm2		oni	Tolleranza azio	
Media valori per elemento Verifica come fascia Usa formula [7.8.3]					ori per quota	Media val						ori per quota	Media valo	
Verifica come fascia Verifica come fascia Usa formula [7.8.3] Usa formula [7.8.3]				0	ori per element	Media val					0	ori per element	Media valo	
☑ Usa formula [7.8.3] ☑ Usa formula [7.8.3]					me fascia	Verifica co						me fascia	🗌 Verifica cor	
				Usa formula [7.8.3]							ila [7.8.3]	🗹 Usa formul		
Criterio di progetto maschi murari Criterio di progetto fasce di piano	sci 2	a Feri	al Annul	Applic	asce di piano	Criterio di progetto f			l Esc	1 Appul	Applica	aschi murari	rio di progetto ma	Crit

Modellazione della struttura

Importazione dell'architettonico

Per la modellazione degli elementi strutturali si importa un architettonico in formato .dxf con l'apposito comando *Importa file dxf* in modo da poter sfruttare i generatori automatici di PRO_SAP. È necessario selezionare il file esempio4.dxf che è presente nella cartella *Esempi*.



Una volta selezionato il file, il programma richiede quali layer è necessario importare: in questo caso verranno importati tutti i layer presenti nel dxf utilizzando l'apposito comando *Seleziona tutto*. L'architettonico è quello mostrato in figura.



Le quote vengono lette direttamente dal file .dxf quindi nel CAD è opportuno modellare la struttura partendo dall'origine degli assi, in modo da ritrovarla in questa posizione anche in PRO_SAP. Inoltre è comodo predisporre un layer contenente le linee d'asse delle pareti in modo da poterlo sfruttare nella modellazione della struttura.

	×
♥ 0 ♥ Defpoints ♥ ASHADE ♥ linea asse	
Seleziona tutto	Deseleziona Annulla



Generazione degli elementi strutturali

Prima di generare gli elementi strutturali è necessario utilizzare il comando **Setta** > **Setta riferimento d3** per definirne le proprietà.



È necessario indicare le seguenti proprietà:

Imposta	proprietà	di riferiment	to D3
---------	-----------	---------------	-------

🎥 📝 🗹 🛷 🕶 🦃	
Generalità	
Elemento tipo	🦸 Shell 🗸 🗸
Spessore	30.0 [cm]
Materiale	[13] Laterizi pieni con malta M15
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto maschi murari
Layer	[10] Muratura da generatore
Svincolo	Non previsto
Filo fisso	elemento in asse
Pretensione	0.0 [daN/cm2]
Interazione terreno	
Fondazione (faccia inferiore)	
K terr. vert.	0.0 [daN/cm3]
K terr. oriz.	0.0 [daN/cm3]

Una volta indicate le proprietà da utilizzare per definire gli elementi strutturali, per memorizzarle è necessario cliccare sul comando *Setta riferimento*. Se non si clicca su *Setta riferimento* le modifiche non verranno applicate.

Per creare gli elementi strutturali si usa il generatore apposito che si attiva con il comando



Genera ► Muri e telai.

Per generare una parete è necessario cliccare sul nodo iniziale, sul nodo di inizio apertura, sul nodo di fine apertura e sul nodo finale. Se ci sono incroci con una parete ortogonale è necessario cliccare due volte sul nodo di incrocio perché il programma faccia in modo che successivamente, quando si passerà alla modellazione della parete ortogonale, i nodi dei due setti vengano a coincidere. È possibile vedere se l'operazione è stata eseguita correttamente osservando il contatore presente nella finestra *Generazione muro con aperture*: deve avanzare di due posizioni. Come passo della mesh si consiglia di impostare un valore intorno agli 80 cm che è un buon compromesso tra velocità di calcolo ed accuratezza dello stesso.

Se le pareti non hanno nodi in comune, non sono collegate e la modellazione è errata.

A titolo di esempio si riporta in figura i nodi da cliccare per generare la prima parete, le successive vengono create in maniera analoga. In questo esempio si imposta altezza tot. 300 cm, altezza inf. 120 cm ed altezza sup. 80 cm. Altezza tot rappresenta l'altezza del setto, intesa come l'altezza di un solo piano; altezza inf. è l'altezza della fascia di muratura sotto l'apertura, altezza sup. quella sopra l'apertura.

д×



Nel caso si debba modellare una porta anziché una finestra si procede generando la parete come illustrato sopra, una volta che il setto è stato generato si selezionano gli elementi superflui e si eliminano con il comando *Cancella* ► *Elementi con nodi*.





In alternativa al generatore di muri e telai, è possibile utilizzare il comando Genera Mesh D3 verticale, come spiegato nel videocorso PRO_SAP Analisi di una struttura in muratura.

Assegnazione dei vincoli alla struttura

Completata la modellazione dei setti è necessario inserire i vincoli alla base della struttura. Si usa il comando Vista ► Vista X+ per ottenere una vista della struttura parallela ad uno dei setti.



Vista •

Con il comando *Seleziona con box* si selezionano tutti i nodi alla base. Il rettangolo per selezionare i nodi deve essere disegnato da sinistra verso destra in modo che vengano selezionati solo gli elementi che sono completamente inseriti nell'area del rettangolo: in questo modo vengono selezionati i nodi ma non gli elementi d3.

Box

Dopo aver selezionato i nodi si usa il comando *Edita proprietà* e si clicca su uno qualsiasi dei nodi selezionati. Nella finestra delle proprietà del nodo si bloccano le traslazioni.

Edita proprietà nodi	P 😥						
1 1 1 1 1 1 1 1	1 50						
E Posizione	A						
X	980.0 [cm]						
Y	820.0 [cm]						
Z	0.0 [cm]						
🗄 Generalità	Generalità						
Fondazione	Fondazione non definita						
Layer	Muratura da generatore						
Isolatore	Isolatore non previsto						
🖻 Codici di vincolo rie	Codici di vincolo rigido						
TX 🔽							
V TY							
🔽 TZ							
RX RX							
RY							
RZ							

🔥 Edita

Per assegnare il vincolo anche agli altri nodi è sufficiente usare il comando Setta riferimento e successivamente Applica vincolo rigido.

Assegnazione dei criteri di progetto

Come detto in precedenza, nella modellazione di strutture in muratura è necessario che i criteri di progetto vengano assegnati nel Contesto *Introduzione dati* perché in questa fase il programma genera i <u>macroelementi</u> che identificano maschi murari e fasce di piano.

Se i criteri di progetto non sono correttamente definiti il programma non sarà in grado di definire correttamente i macroelementi. Se gli elementi macro non sono corretti le sollecitazioni calcolate e di conseguenza le verifiche di resistenza saranno errate.

In questa fase è utile usare il comando **Uso colori** presente all'interno del gruppo di comandi Vista per impostare che gli elementi d3 siano colorati in base al criterio di progetto. Questo consente di verificare che i criteri di progetto siano correttamente assegnati ai maschi ed alle fasce di piano.

Ø

Opzioni di colorazio	one X		Opzioni di colorazio	ne	×
Uso colori Colore nodi Colore D2 Colore D3 Colore Solidi Colore solai Colore architettonico	Standard Sezione Standard Standard Criterio Carico Standard Standard		Uso colori Colore nodi Colore D2 Colore D3 Colore Solidi Colore solai Colore architettonico	Standard Sezione Criterio Standard Carico Standard	• • • •
Tavolozza dei colori 1 Modifica OK Annulla			Tavolozza dei colori 2	<u>.</u> ОК	Modifica

Si deve ottenere la rappresentazione riportata nella figura seguente:



Generazione del cordolo

Con il comando **Setta > Setta riferimento d2** si vanno a definire le proprietà da assegnare al cordolo:

Perché il cordolo sia definito correttamente deve essere modellato in più conci per fare in modo che abbia i nodi coincidenti con quelli della mesh. Per evitare di fare questa operazione manualmente si modella il cordolo intero e si esegue il comando **Contesto** ► **Check dati struttura**. Il programma esegue una scansione degli elementi strutturali e riscontra che il cordolo e la mesh non hanno nodi in comune, perciò suggerisce ulteriori controlli al progettista. Rispondendo *Si* alla domanda *Forse sono necessari ulteriori controlli*, il programma seleziona automaticamente gli elementi che presentano il problema. È sufficiente

utilizzare il comando *Interseca* per fare in modo che il cordolo venga spezzato e vengano creati i nodi necessari.

Definizione degli elementi solaio

Si usa il comando **Setta** > **Setta riferimento solai** per definire le proprietà da assegnare agli elementi solaio:

Imposta priorietà di che miento tutar	• 0
201 of at 1 of - 1 m	
C Generalità	
Layer	173Layw 0
Usa corre pannello	
Materiale	[7] Calcartrumo Classa E25/30
Plane rigida	
Speccase reambeanals	32 jan j
III Modello di carico	
Archivio di rattro	[T] Qual = 750.00 verideermie
Ordžušk	Importa
Directore X	0.0
Direique V	10
Oincisie Z	0.0
Atematovariable	14
% Bidvesice at #5	6
Applicatione torsione	
Modello di calcolo	
Scherna stell co	A. Autometro
Centrolla	Ved
Plegitive I	6.0
Negative 1	160
Minimo Negativa	-00
% Dirk upstetice	100
E Detici progetto	
Sedere	[13] 7 ribecode bin12.00 htm24.00 ben30.00 hon-400
Interest Interest	98.0 (cm]
Caterio di progetto	[1] Citiefe di progetto meschi murari

Una volta indicate le proprietà da utilizzare per definire gli elementi strutturali, per memorizzarle è necessario cliccare sul comando *Setta riferimento*. Se non si clicca su *Setta riferimento* le modifiche non verranno applicate.

Gli elementi vengono generati con il comando *Solai di piano* . Devono essere indicati tre nodi ed il programma automaticamente crea tutti i solai nel piano che passa per i tre nodi selezionati.

Definizione del piano per tre p	punti	- 🗆 🗙
x nodo 1= 20.0 x nodo 2= 502.5 x nodo 3= 980	y nodo 1= 20 y nodo 2= 402.659 y nodo 3= 820	z nodo 1= 300 z nodo 2= 300 z nodo 3= 300
	OK Esci	

Nella figura precedente si può notare che il programma automaticamente seleziona tutti i nodi del piano e fa passare i solai per tutti questi nodi. Se anziché utilizzare il comando *Solai di piano* si decidesse di utilizzare il comando *Solaio poligonale* è necessario cliccare manualmente su tutti i nodi della mesh, altrimenti la definizione del solaio non sarebbe corretta: il solaio scarica solamente sui nodi che vengono selezionati durante la sua definizione quindi cliccando solo sui quattro vertici il solaio non scaricherebbe in modo uniforme su tutta la muratura ma solamente nei vertici.

Per generare il secondo ed ultimo piano della struttura si selezionano tutti gli elementi tranne i nodi alla base ed i solai e si usa il comando *Copia e trasla*. Tuttavia i due piani non sono perfettamente identici: per completare la modellazione è necessario eseguire alcune modifiche.

Per prima cosa si isola il piano posto ad Y = 80 cm per trasformare la porta del secondo piano in una finestra. Si utilizza il comando *Piano Y-Z*.



Per definire gli elementi d3 del sottofinestra si usa il comando *Mesh d3 verticale* impostando i valori come in figura seguente:



A questo punto si generano le falde del tetto inclinato. Si usa il comando *Estende verticale* che sposta i nodi selezionati e gli elementi ad esso collegati su un piano, anche inclinato, selezionato dall'utente. Volendo modellare un tetto a due falde il comando va utilizzato due volte, una per ogni falda, come nelle figure seguenti:





Per completare la modellazione della struttura restano da definire solamente i solai di copertura. Prima si definiscono le proprietà dei solai come da figura seguente e successivamente si ricorre al comando *Solai di piano*.

separte proprietà di riferi teanto Selai	9	
al		
Generalitä		11.000
Layer	TILLayw 0	We also a second
Usacone parriella		
Materiale	[7] Colourinuese Classe C25/30	
Fiane rigido		
Spettore membranale	5.0 1 mm 1	
Modello di carico		
Archivin di careco	(6) Grop = 600.00 mese	IS. DEC N
Orditory	Importe	
Directione X	0.0	
Directione V	1.0	
Oregione Z	0.0	NORSENERGY 200
Altemanos venebile	T	
%.6idiredenal@a	a	
🗋 Applicacione tornione		
Modello di calcolo		
Scheme statico	Automatica	
Controlla	Vedi	
Negatical	0,0	
Negrmon)	0.0	
Meane Negative	0.0	
To Q18 incohet est	00	
Dati-di progetto		CONSISTERNAL CONTRACTOR
Sectore	[12] T #Racrata N = 12,00 M-26.00 Nc+ 55,00 H	×
into accelhovetti	SP4 [cm]	
Criterio di progetto	[1] Critasia di progetta maschi museri	

La struttura è quella che si ottiene nella figura.

Assegnazione dei carichi alla struttura

Definizione dei casi di carico

Nel Contesto *Assegnazione carichi* è possibile definire ed assegnare i carichi di progetto agli elementi strutturali. PRO_SAP dispone di alcuni automatismi che premettono al programma di definire alcune tipologie di carico senza necessità di intervento da parte dell'utente.

l carichi sono organizzati in *Casi di carico*, cioè archivi di carichi di tipologia omogenea, per definirli si usa il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico*.



Se l'archivio dei casi di carico è vuoto il programma chiede se il progettista vuole sfruttare gli automatismi con la sequenza di finestre che seguono:

PRO_SAP ×	PRO_SAP
i decidera che il programma inserisca casi di carico sismici in automatico?	Si decidera che il programma utilizzi il analisi dinamica per il calcolo delle azioni sismiche?
Si No	Si No
PRO_SAP	×
ie impostazi	oni di verifica in uso?
	Si Na

Alla prima domanda è necessario rispondere *Si* per sfruttare la definizione automatica dei casi di carico sismici.

Alla seconda finestra rispondendo Si vengono definiti dei casi di carico sismici dinamici per eseguire l'analisi modale, rispondendo No vengono definiti dei casi di carico sismici statici per eseguire l'analisi statica lineare. In questo esempio è necessario rispondere Si per eseguire un'analisi dinamica lineare.

La terza finestra permette al programma di controllare se i parametri inseriti nei criteri di progetto sono conformi a quanto dettato dal D.M. 2018. Al termine della scelta si apre l'archivio dei casi di carico, il programma ha automaticamente definito le seguenti tipologie:

Peso proprio della struttura.

Permanente solai-coperture: carico permanente dei solai compiutamente definito.

Permanente solai-coperture n.c.d: carico permanente dei solai non compiutamente definito (permanenti portati, tramezzi, ecc...).

1.1

Variabile solai: carico accidentale dei solai.

Carico da neve: carico da neve dei solai di copertura.

 E_{dk} CDC=Es (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione X con eccentricità accidentale positiva.

Edk CDC=Es (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione X con eccentricità accidentale negativa.

Edk CDC=Es (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione Y con eccentricità accidentale positiva.

Eak CDC=Es (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione Y con eccentricità accidentale negativa.

Edk CDC=Es (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione X con eccentricità

Edk CDC=Es (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione X con eccentricità accidentale negativa.

Edk CDC=Es (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione Y con eccentricità accidentale positiva.

Edk

CDC=Es (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione Y con eccentricità accidentale negativa.

Per quanto riguarda il Peso proprio della struttura il programma determina automaticamente l'entità del carico in base alle caratteristiche del materiale assegnato agli elementi strutturali.

Per i Permanenti solai-coperture, Variabile solai e Carico da neve (del solaio di copertura) il carico è automaticamente applicato agli elementi strutturali sulla base di quanto è definito nell'archivio Solai e coperture.

Per definire le caratteristiche del carico sismico è necessario utilizzare il comando Dati di carico > Casi di carico sismici.

Infine per definire il carico Permanente generico dei tamponamenti è necessario utilizzare il comando Dati di carico ► Carichi generici.

Definizione dell'azione sismica

Dopo aver definito i casi di carico sismici, per definire l'azione sismica si deve utilizzare il comando **Casi di** carico ► **Casi di carico sismici**. Si attiva una procedura guidata in cinque passi che permettono di indicare tutti i parametri necessari a definire lo spettro di progetto come previsto dal D.M. 2018.



Al passo 1 vengono richieste la Classe d'uso della struttura, la località e, trattandosi di struttura esistente, il livello di conoscenza. Per inserire la località è necessario usare il comando *pericolosità sismica* che consente di accedere alla finestra *Valutazione della pericolosità sismica*. È possibile indicare il nome o le coordinate geografiche della località dove verrà realizzata l'opera. In questo esempio la classe d'uso della struttura è classe II – edifici ordinari e la località è Ferrara.



Al passo 2 vanno specificate la categoria di suolo di fondazione, la categoria topografica e lo smorzamento del suolo. In questo esempio si seleziona categoria di suolo C, categoria topografica T1 e smorzamento 5%.

Passo 2	×
Categoria di suolo di fondazione C A formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi D B deposti di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti C deposti di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza D deposti di terreni granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente E profili di terreno costituiti da stati superficiali all'uvionali	Categoria topografica T1 C T2 in sommità al pendio C T3 in cresta al rilievo con moderata C T4 in cresta al rilievo 100 quota relativa (%)
Risposta sismica locale Usa RSL Cerca file RSL Indietro	> Annulla Aggioma

Al passo 3 c'è il riepilogo dei parametri dello spettro. Inoltre è possibile indicare la classe di duttilità, il coefficiente eta ed il fattore di struttura. Per il fattore di struttura c'è uno strumento di aiuto che permette di calcolare q in base ai dettami del D.M. 2018. In questo esempio si imposta duttilità bassa, eta = 1 e q = 2.975.

S.L.	ag	s	Fo	Fv	тв	тс	TD	C ND - non	S (oriz.)
SLO	0.037	1.500	2.550	0.659	0.138	0.415	1 746	dissipativa	
SLD	0.046	1.500	2.510	0.725	0.149	0.447	1.783	• B-media	
SLV	0.132	1.494	2.600	1.276	0.146	0.437	2.129	C A-alta	
SLC	0.178	1.427	2.560	1.457	0.149	0.447	2.311	Regolarità	
Verticale	per tutti:	1.000			0.050	0.150	1.000	✓ in altezza	Sv (vert.)
eta SLO	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	, q SLU y	, q SLU z	,	Edifici isolati	
1.0	1.0	1.0	1.0	2.975	2.975	1.5	Aiuto	10.0 s.esi	
Smorza	mento	,	,	1.0	1.0	1.0	Esistenti	10.0 3 63	
							v. Iragili	Info	

Al passo 4 è possibile impostare i dati per le analisi. È presente un riquadro per i dati comuni, validi per tutti i tipi di analisi; una cornice per le analisi dinamiche lineari ed una per le analisi statiche, sia lineari che non lineari. Nell'esempio viene eseguita un'analisi dinamica lineare, l'unico dato da impostare è il numero di modi di vibrare da considerare che in questo caso è pari a 3.

Dati comuni per le analisi Dati per analisi statica lineare e non lineare Quota spiccato [cm] 0.0 Contributo carichi in Image: Calcola periodi T1 Eccentricità 5 aggiuntiva X: 5 muratura altri Image: Calcola periodi T1 imite 1000/h 3 Dati per analisi dinamica N. N. 3 nodi 10 Colectazione 0.3 0.3 0.3 Sci (T1) - SLU 0.173 0.172 0.0172 opzione suggestra: Accelerazione uniforme [FI=Fh] No Se (T1) - SLD ingidi 1 Distrib. triangolare per pushover Si Distrib. triangolare per pushover Si Vietazione No Listrib. triangolare per pushover Si Vietazione Annulla Aggioma

Al passo 5 si devono definire le masse sismiche. È disponibile un comando per la definizione automatica: utilizzandolo il programma applicherà automaticamente i coefficienti necessari considerando un peso unitario per i carichi permanenti ed il coefficiente psi2 per i variabili dei solai e per il carico da neve dei solai di copertura.

.D.C. Vnalisi mod li riferiment	ale				Sfoglia Modo r	ifer. 0	(**)	
Sisma	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4 [*]	LC 5 [*]		^	
LC U 6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
LC U 7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
LC U 8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
LC U 9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			Sv (vert.)
LC D 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			
LC D 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			A I
IC D 12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		×	- 1 3 ()
OTA: (*) o	coefficienti p	per carichi vari	abili Q		(**) 0 per default i	n pushover		
dcQk:u	tilizzare psi	2			Definizione mas	sse automatic	a	
dc Qsk/G	ink : utilizza	ire di regola 1	ipsi 2 da archi	vio canco)			-	

Al termine dell'assegnazione dei carichi alla struttura è possibile controllare se i carichi sono stati assegnati correttamente alla struttura con il comando *Vedi caso di carico*. Questo comando permette di visualizzare i carichi assegnati alla struttura per ogni singolo caso di carico.



Definizione delle combinazioni

Per definire le combinazioni di calcolo si deve utilizzare il comando **Dati di carico ► Combinazioni**. In questo modo si apre la *Tabella delle combinazioni*.

🛕 Dati di carico 🔻

Il programma consente di generare automaticamente le combinazioni di calcolo come previste dal D.M. 2018. Per sfruttare gli automatismi è necessario usare il comando *Impostazioni generali* che tramite una procedura guidata in quattro passi permette di impostare i coefficienti e le regole per combinare i carichi agenti sulla struttura.

Al passo 1 – *Parametri per i carichi variabili* si devono introdurre i coefficienti psi per i carichi variabili. Per i variabili dei solai ed il carico da neve dei solai di copertura gli psi sono inseriti automaticamente dal programma leggendoli dall'archivio *Solai e coperture* anche se i valori rimangono editabili dall'utente.

Pa	Parametri per carichi variabili						
	Caso di carico:						_
	CDC	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi 2 sis	Segni	Ī
	[4] CDC=Qsk (variabile solai)	0.70	0.50	0.30	0.30	0 - positivo	-
	[5] CDC=Qnk (carico da neve)	0.50	0.20	0	0	0 - positivo	

Al passo 2 – *Interazione casi di carico variabili* è possibile indicare la logica con cui combinare i carichi variabili. *Non dipendente* non applica nessuna regola precisa; *Inclusivo* genera le combinazioni facendo in modo che o entrambi i carichi siano presenti in combinazione o nessuno dei due; *Esclusivo* genera le combinazioni facendo in modo che in ogni combinazione sia presente uno o l'altro carico, mai entrambi contemporaneamente.

Intera	zione casi di carico variabili			×
Ca	so di carico:			
C	DC	[4] CDC=Qsk (variabile solai)	[5] CDC=Qnk (carico da neve)	
[4 [5] CDC=Qsk (variabile solai)] CDC=Qnk (carico da neve)		Non dipendente	

Al passo 3 – *Definizione durata* è possibile indicare la durata dei carichi. Questa funzione è da utilizzare per le strutture in legno.

Definizione durata			×
Caso di carico:			
CDC	Durata	Valore rif.	
[1] CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	Permanente	1	
[2] CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	Permanente	1	
[3] CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	Permanente	1	
[4] CDC=Qsk (variabile solai)	Media durata	1	
[5] CDC=Qnk (carico da neve)	Media durata	1	
[6] CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	Istantaneo	1	
[7] CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc)	Istantaneo	1	
[8] CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	Istantaneo	1	
[9] CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc)	Istantaneo	1	
[10] CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	Istantaneo	1	
[11] CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc)	Istantaneo	1	
[12] CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	Istantaneo	1	
[13] CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc)	Istantaneo	1	

Al passo 4 – *Scenari di carico* è possibile inserire i coefficienti di sicurezza da applicare nella generazione delle combinazioni di calcolo. Di default sono preimpostati i valori del D.M. 2018.

Scenari di carico							×	t
SLU non sismici Fattori di comb. A1 [STR] Fattori di comb. A2 [GEO]	g G1 max 1.3 1	g G1 min 1 1	g G2 max 1.5 1.3	g G2 min 0.8 0.8	g P max 1 1	g P min 1 1	g Q 1.5 1.3	
SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5	
Fattori di comb. A1 1 Fattori di comb. A2 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	
Applica EC8 4.4.2.6(8) (in o	g G1 max	utilizzare g g G1 min	E maggiore	di 1) g G2 min	g P max	g P min	gQ	
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1	
Nota importante: i valori max e min in tabella (riferiti ai cdc permanenti e precompressione) applicati con permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.								
		<	Indietro	Fine	A	nnulla	Default	

Concludendo la procedura si possono generare le combinazioni sfruttando gli automatismi di PRO_SAP. In questo esempio si utilizzano i comandi nella figura seguente:

	🔳 Tabella	delle combin	nazioni					×
	Caso di caric	o selezionato						
	Tipo comb.		•					
	Combin	LC1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6	^
	CMB 1	1.30	1.30	1.50	0.00	0.00	0.00	
	CMB 2	1.30	1.30	1.50	0.00	0.75	0.00	
	CMB 3	1.30	1.30	1.50	1.50	0.00	0.00	
	CMB 4	1.30	1.30	1.50	1.50	0.75	0.00	
	CMB 5	1.00	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	
	CMB 6	1.00	1.00	0.80	0.00	0.75	0.00	
	CMB 7	1.00	1.00	0.80	1.50	0.00	0.00	
	CMB 8	1.00	1.00	0.80	1.50	0.75	0.00	
	CMB 9	1.30	1.30	1.50	0.00	1.50	0.00	
	CMB 10	1.30	1.30	1.50	1.05	0.00	0.00	. *
	Aggiung	i Rim	uovi	- Generazione au Impostazio	tomatica ni generali	Approccio 1	Approc	cio 2
	R	imuovi tutto		S.L.U. strutt.	S.L.E. rare	T.ammissibili		
	Leggi file	e Soriv	vi file	S.L. sismica	S.L.E. freq.			
	Condizioni	Ambiente per	S.L.E.	S.L.U. accid.	S.L.E. [perm.]			
	Ordina	rie						
	C Aggres	ssive						
rutt.	C Molto	aggressive		🗌 Combina con	ne PRO_SAP vs.	2005-12-137 e pre	ecedenti	
ica						OK	Anr	nulla

Esecuzione delle analisi e controllo dei risultati

Esecuzione delle analisi

Si lanciano le analisi con l'apposito comando . Al termine diventa disponibile il report all'interno del quale sono riportati i modi di vibrare determinati dal programma e vengono indicati eventuali problemi od errori nel calcolo.

Progettazione degli elementi strutturali



Prima di procedere con la progettazione degli elementi strutturali si suggerisce sempre di controllare accuratamente i risultati dell'analisi per verificare la correttezza del modello e l'assenza di errori di modellazione.

I criteri di progetto sono già stati definiti ed assegnati agli elementi strutturali nel Contesto *Introduzione* dati quindi è possibile lanciare direttamente le verifiche selezionando tutti gli elementi con il comando *Seleziona tutto* ed avviando il calcolo con *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Stati Limite*.

Ľ				
Contesto -	Esecuzione progettazione	•	Stati limite	

Al termine della progettazione il programma segnala la presenza di eventuali elementi non verificati. Se non si visualizza nessun messaggio, tutte le verifiche sono soddisfatte.

Controllo dei risultati della progettazione

I risultati della progettazione vengono illustrati separatamente per ogni tipologia di elemento strutturale. È necessario usare i comandi contenuti nei due menù *Muratura s.l.*

Con questo comando si accede al controllo dei risultati delle verifiche di resistenza (pressoflessione nel piano, pressoflessione fuori dal piano, taglio) sia per i maschi murari che per le fasce di piano, ed anche ai risultati riguardanti la snellezza dei maschi e l'eccentricità dei carichi.



Generazione della relazione di calcolo

Per la stampa della relazione di calcolo è necessario utilizzare il comando **Contesto** ► **Relazione di** calcolo. Si accede così alla finestra *Opzioni di stampa* che consente la selezione del programma da utilizzare per la stampa, dei capitoli da stampare, del numero di risultati da riportare, delle immagini da allegare.



Esempio guidato 5

Verifica di una copertura in legno



Esempio guidato 5 - Verifica di una copertura in legno

In questo esempio viene effettuata la progettazione e la verifica di una capriata di copertura in legno. Le verifiche sono eseguite agli Stati Limite secondo il D.M. 2018. Per maggiori approfondimenti sulla modellazione di strutture in legno si rimanda ai videocorsi disponibili all'indirizzo internet www.2si.it/video.php

Apertura dell'esempio

Per aprire l'archivio predisposto è necessario utilizzare i seguenti comandi: Start ► Programmi ► PRO SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO SAP – Cartella Esempi ► Esempio5.psp

Cemento armato

Normative ed archivi

Normative utilizzate

Con il comando Preferenze > Normative si accede alla finestra che consente di selezionare le normative da utilizzare nel calcolo. In questa finestra è possibile accedere anche ai comandi avanzati che permettono di modificare alcuni parametri da utilizzare nelle verifiche della struttura. Di default il programma utilizza il D.M. 2018 per il progetto e la verifica degli elementi strutturali.

OPreferenze 🔻

Definizione dell'archivio delle sezioni

€ D.M. 2018 € D.M. 2018 @ D.M. 2018 C D.M. 2008 C D.M. 2008 C D.M. 2008 C D.M. 2008 C EC 3 C EC 2 C EC 5 C D.M. 87 C D.M. 96 C CNR 10011 C REGLES C.B.71 C ENV 1993-1994 C D.M. 2005 C AISC Avanzate. Avanzate. Sismica Resistenza al fuoco @ D.M. 2018 C D.M. 2005 Avanzate C D.M. 2008 C Ordinanza 3274 C EC 8 C D.M. 96 □ Verifiche sismiche per edificio esistente OK Annulla

Legno

@ D.M. 2018

Muratura

Acciaio

Nell'archivio delle sezioni è possibile specificare le sezioni che si intendono assegnare agli elementi strutturali. Vi si accede con il comando Dati struttura ► Sezioni.

🞕 Dati struttura 🔻

In questo esempio saranno necessarie quattro sezioni rettangolari. Oltre a definire la geometria della sezione è necessario utilizzare il comando Usa per acciaio/legno per indicare al programma che la sezione verrà applicata ad elementi con materiale legno. Dopo aver cliccato su Usa per acciaio/legno nella grafica la sezione diventerà di colore blu.

Una volta creata la sezione è necessario premere Applica per confermare le modifiche. Se non si preme il pulsante Applica la sezione non verrà creata.

		E porera contre		
Stole releases		Skinga dentificativa E Generalita Hittoria presento	Radarii yee eksenedi ii kayea	N-T
	4	Ince B Ince B UMON H	140 (m) 90 (m)	L.
Prattyn Rottangadow 1: 74.19-16	topia matri Secular bas Applica T 🚖			[] Nyuli



Modellazione della struttura

Poiché la struttura in questione è una capriata in legno il monaco non trasmette lo sforzo normale sulla catena. Inoltre si suppone che la connessione degli arcarecci sui puntoni sia fatta in modo da non trasmettere momento flettente. Per simulare entrambe le situazioni è necessario inserire degli svincoli sugli elementi d2 in questione.

Gli svincoli si inseriscono nella tabella delle proprietà degli elementi d2 a cui si accede selezionando il comando *Edita* e cliccando sull'elemento di interesse. È necessario spuntare le sollecitazioni che non si vuole che vengano trasmesse. Sull'elemento, dal lato svincolato apparirà un simbolo ad indicare che alcune sollecitazioni non vengono trasmesse agli elementi collegati.

Per impedire che il monaco trasmetta sforzo normale è necessario impostare le proprietà dell'elemento d2 come da figura seguente:

Little in operane bit	* 🛱
10 10 1 2-1 10	
= Generalità	
Demosto tipo	/ Time
Suizes	[2] Nettengolane http://doi.org/12.00 recovered
ficture see	(free) (0)
Materiale	(42) leg no conifiera C24 - UNE BN 338 1997 Per EC3
Criteia di progetto	111 Celtoi e di progetto 01488
91944	abortento la posi-
Layer	Layer D
Castrate right	
 Interaciona terrares 	
find daprover Katter (Western)	
E Har own,	10. boltaneel F
All basic capital	10.6 Lastacovil 1
E Codici di rilascio estremità	
🗇 Svinceli nodci I	
N N	
E 92	
III 49	
III ML	
N0	
Svincall mode 3	
E N	
1 V2	
E V9	
E M4	
- M2	
- M3	

Per evitare che gli arcarecci trasmettano momento flettente invece le proprietà da assegnare agli elementi sono le seguenti:

LEURORANIAUX	· 😥
2: 2. 1. 1.	
🗄 Generalità	
El envento tipa	/ Towe
Selfore	[4] Battangolass Is-1408 h =1408 arcanett
Fictuations	Md (gas)
Malaria la	HZHagen cavilian CN+LINE IN 138 1997 Per CCI
Oritario di progetto	[1] Criterio di piogetto UMIS
FileFear	Alleherte Hidden
Layer	Leyer0
📋 Licenset signi	1.50
= lateratione terrene	
Fondattare (ferrite referiere)	
A Tart A with	0.0 ((a.f)(r)(3))
A hart, orde	(0.0 (minterin))
II. Codici di nilascio astromità	
🗄 Seleculi rode I	
E.H	
目 10	
E 0	
E ML	
(2) M2	
定 MS	
Svinceli node J	
ET N	
11.12	
E 43	
E ML	
36 M2	
32 MI	

La struttura ha quindi la seguente forma:



Assegnazione dei carichi alla struttura

Definizione dei casi di carico

Nel Contesto *Assegnazione carichi* è possibile definire ed assegnare i carichi di progetto agli elementi strutturali. PRO_SAP dispone di alcuni automatismi che premettono al programma di definire alcune tipologie di carico senza necessità di intervento da parte dell'utente.

I carichi sono organizzati in *Casi di carico*, cioè archivi di carichi di tipologia omogenea, per definirli si usa il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico*.

🛕 Dati di carico 🔻

Se l'archivio dei casi di carico è vuoto il programma chiede se il progettista vuole sfruttare gli automatismi. In questo esempio è necessario rispondere *No* perché i casi di carico verranno definiti manualmente.



Al termine della scelta si apre l'archivio dei casi di carico, il programma ha automaticamente definito il caso di carico del peso proprio della struttura a cui è necessario aggiungere, nella posizione numero 2 dell'archivio, un caso di carico tipo *Permanente generico* che servirà a modellare il peso della copertura ed un *Variabile generico* che verrà utilizzato per modellare il carico da neve. Il permanente va definito cliccando due volte sul simbolo *Gk* e selezionando l'opzione *G1: compiutamente definito* nella finestra *Definizione permanente*.



Il variabile invece viene definito cliccando due volte sul simbolo Qk.

È possibile assegnare un'etichetta al caso di carico per specificare la tipologia di carico che è stata modellata.

Una volta creato il caso di carico è necessario premere *Applica* per confermare le modifiche. Se non si preme il pulsante *Applica* il caso di carico non verrà creato.

Nell'archivio dei casi di carico sono presenti i seguenti elementi:



Peso proprio della struttura.

Permanente generico

Variabile generico

Per quanto riguarda il *Peso proprio della struttura* il programma determina automaticamente l'entità del carico in base alle caratteristiche del materiale assegnato agli elementi strutturali; per definire l'entità del carico *Permanente generico* e *Variabile generico* è necessario utilizzare il comando *Dati di carico* ► *Carichi generici*.

Definizione dei carichi generici

Una volta modellati i casi di carico è necessario definire i *Carichi generici*. Il comando da utilizzare è *Dati di carico* ► *Carichi generici*.

🚵 Dati di carico 🔻

Per questo esempio si definiscono due carichi distribuiti globali con l'apposito comando contenuto all'interno della *Tabella dei carichi generici*. Si accede alla finestra *Carico distribuito globale* all'interno della quale è possibile specificare l'entità del carico.



Una volta creato il carico è necessario premere *Applica* per confermare le modifiche. Se non si preme il pulsante *Applica* il carico non verrà creato.

In questo esempio i carichi vanno applicati esclusivamente agli arcarecci. È necessario selezionare il comando *Edita* e cliccare su uno di questi elementi per aprire la *Tabella dei carichi applicabili*:

👆 Edita

🔲 Tabella dei carichi applicabili				—		×
[1] Copertura-DG:Fzi=-0.50 Fzf=-0.50	-	[2] CDC=	Gk COPERT	URA		•
[1] Copertura-DG:Fzi=-0.50 Fzf=- [2] Neve-DG:Fzi=-1.10 Fzf=-1.10	0.50	E-Gk [2] - Qk [3] - Qk [3]	CDC=Gk CC [1] Copertur CDC=Qk NE [2] Neve-DG	PERTURA ra-DG:Fzi=- 'VE à:Fzi=-1.10	0.50 Fzf=-(Fzf=-1.10).50
Applica	Annul	la.		Setta Rif	erimento	1

Nella parte sinistra si trovano i carichi generici definiti, nella parte destra i casi di carico dove è possibile applicarli. Per assegnare il carico alla trave è sufficiente trascinare il carico generico nel caso di carico desiderato. Una volta assegnato il carico è necessario usare il comando *Applica* per confermare le modifiche (se non viene dato il comando *Applica* il carico non verrà assegnato all'elemento). Per assegnare il carico anche a tutti gli altri arcarecci è necessario utilizzare il comando *Setta riferimento* per memorizzare le impostazioni del carico. Successivamente vanno selezionati tutti gli elementi a cui va applicato lo stesso carico, si clicca con il tasto destro del mouse nella finestra grafica di *PRO_SAP* e si utilizza il comando *Assegna riferimento* per dare automaticamente il carico a tutti gli elementi selezionati.

Al termine dell'assegnazione dei carichi è possibile controllare se i carichi sono stati assegnati correttamente alla struttura con il comando *Vedi caso di carico*. Questo comando permette di visualizzare i carichi assegnati per ogni singolo caso di carico.



Controllando il caso di carico numero 2 e 3, rispettivamente *Permanente generico* e *Variabile generico* si dovrebbe trovare la situazione presentata nelle figure sottostanti:



Definizione delle combinazioni

Per definire le combinazioni di calcolo si deve utilizzare il comando **Dati di carico ► Combinazioni**. In questo modo si apre la *Tabella delle combinazioni*.



💷 Tabella	delle com	pinazioni				×
Caso di cario	o seleziona	to				
Tipo comb.		•				
Combina	. LC 1	LC 2	LC 3			
CMB 1	1.30	1.30	0.00			
CMB 2	1.30	1.30	1.50			
CMB 3	1.00	1.00	0.00			
CMB 4	1.00	1.00	1.50			
CMB 5	1.00	1.00	0.00			
CMB 6	1.00	1.00	1.00			
CMB 7	1.00	1.00	0.00			
CMB 8	1.00	1.00	0.20			
CMB 9	1.00	1.00	0.00			
,			0			
Addiup	ni l lin		-Generazione au	tomatica		
Aggian	<u> </u>	andon	Impostazio	oni generali	Approccio 1	Approccio 2
	Rimuovi tutto	D	S.L.U. strutt.	S.L.E. rare	T.ammissibili	
Leggi fil	e _ 5	Scrivi file	S.L. sismica	S.L.E. freq.		
Condizion	Condizioni Ambiente per S.L.E.		S.L.U. accid.	S.L.E. [perm.]		
G Outin						
• Ordina	arie					
C Aggre	ssive					
Molto aggressive			Combina cor	ne PRO_SAP vs.	2005-12-137 e prec	edenti
					OK	Annulla

Il programma consente di generare automaticamente le combinazioni di calcolo come previste dal D.M. 2018. Per sfruttare gli automatismi è necessario usare il comando *Impostazioni generali* che tramite una procedura guidata in quattro passi permette di impostare i coefficienti e le regole per combinare i carichi agenti sulla struttura.

Al passo 1 – *Parametri per i carichi variabili* si devono introdurre i coefficienti psi per i carichi variabili. Poiché la neve è stata definita tramite un caso di carico di tipo variabile generico è necessario introdurre gli psi manualmente come da tabella 2.5.I del D.M. 2018

In	Interazione casi di carico variabili					
	Caso di carico:			-		
	CDC	[3] CDC=Qk NEVE		_		
	[3] CDC=Qk NEVE					

Quando si usa un caso di carico di tipo *Qk Variabile generico* è sempre necessario inserire i coefficienti psi manualmente altrimenti il programma ignorando il tipo di variabile, a favore di sicurezza, considera i più gravosi dati dalla normativa: quelli di archivi e biblioteche.

Dal momento che c'è un solo variabile si salta il passo 2 e si va direttamente al passo 3 – *Definizione durata* dove è possibile indicare la durata dei carichi. Poiché la neve è stata definita tramite un caso di carico di tipo variabile generico è necessario definire la durata manualmente. Per i permanenti invece la definizione è fatta automaticamente dal programma.

•				
De	finizione durata			
	Caso di carico:			
	CDC	Durata	Valore rif.	_
	[1] CDC=Ggk (peso proprio	Permanente	1	
	[2] CDC=Gk COPERTURA	Permanente	1	
	[3] CDC=Qk NEVE	Breve durata	1	

Al passo 4 – Scenari di carico è possibile inserire i coefficienti di sicurezza da applicare nella generazione delle combinazioni di calcolo. Di default sono preimpostati i valori del D.M. 2018.

Scenari di carico							>	K
SLU non sismici							_	
Eattori di comb. A1. [STP]	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q	
Fattori di comb. A1 [STA]	1	1	1.3	0.8	1	1	1.3	
SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5	
SL per azioni sismiche								
g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q	
Fattori di comb. A1 1	1	1	1	1	1	1	1	
Fattori di comb. A2 1	1	1	1	1	1	1	1	
Applica EC8 4.4.2.6(8) (in qu	iesto caso i	ıtilizzare gE	E maggiore	di 1)				
SLU per azioni accidentali	a G1 may	a G1 min	a C2 may	a C2 min	a P may	a P min	a.O.	
Fattori di combinazione	1	1	1 1	1	1	1	1	
Nota importante: i valori max e min in tabella (riferiti ai ce permuta valori g min e g max ce permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.								
		<	Indietro	Fine	A	nnulla	Default	

Concludendo la procedura si possono generare le combinazioni sfruttando gli automatismi di PRO_SAP. In questo esempio si utilizzano i comandi nella figura seguente:



Progettazione degli elementi strutturali

Definizione dei criteri di progetto

Per eseguire la progettazione degli elementi strutturali è necessario definire l'archivio dei Criteri di progetto. I criteri di progetto contengono le informazioni utili al programma per progettare e verificare gli elementi strutturali. È possibile accedere alla *Tabella dei criteri di progetto* tramite il comando *Dati progetto* ► *Criteri di progetto*.

🔊 Dati di progetto 🔻

Nella cartella *Legno* è necessario definire le lunghezze libere di inflessione, i coefficienti di sicurezza γ e la classe di servizio. In base alla classe di servizio impostata PRO_SAP richiama automaticamente i corrispondenti coefficienti k_{mod} e k_{def} definiti dal D.M.2018.

Tabella dei criteri di progetto 🛛 🗙							
Pareti c.a. Gusci c.a. Travi c.a. Pilastri acc. Travi acc.	Pilastri c.a. Solai e pannelli Aste acc. Muratura Legno XLAM						
Lunghezze libere							
aste							
Beta assegnato	0.8						
🗆 travi							
✓ 3-3 Beta * L automatico							
2-2 Beta * L automatico							
1-1 Beta * L automatico							
🗖 pilastri							
Metodo di calcolo 3-3	Assegnato						
3-3 Beta assegnato	2.0						
3-3 Beta * L assegnato	0.0 [cm]						
Metodo di calcolo 2-2	Assegnato						
2-2 Beta assegnato	2.0						
2-2 Beta * L assegnato	0.0 [cm]						
1-1 Beta assegnato	1.0						
1-1 Beta * Lassegnato	0.0 [cm]						

Gamma non sismico Gamma sismico	1 5		
Gamma sismico	1.5		
	1.1		
Considera dimensioni per resistenze			
Fattore resistenza a taglio	0.67		
Classificazione			
Classe di servizio	1 (bassa umidità)		
Kmod permanente	0.6 0.7		
Kmod lunga			
Kmod media	0.8		
Kmod breve	0.9		
Kmod istantanea	1.0		
Kdef	0.6		

Esecuzione della progettazione

Una volta definiti i criteri di progetto si può eseguire il progetto e la verifica degli elementi. Bisogna selezionare gli elementi che si intende progettare oppure, se si desidera progettare l'intera struttura, usare il comando *Seleziona tutto*. La progettazione si avvia con il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Stati Limite*.



siu				
	Esecuzione progettazione	•	Stati limite	_

Al termine della progettazione il programma segnala la presenza di eventuali elementi non verificati. Se non si visualizza nessun messaggio, tutte le verifiche sono soddisfatte.

Controllo dei risultati della progettazione

Per visualizzare i risultati delle verifiche è necessario usare i comandi contenuti nel menù Legno EC5.


Il primo risultato che si ha a disposizione nel menù è lo *Stato di progetto*. Attivando questo comando si vede lo stato di verifica della struttura:

- (v) colore **rosso** ► elementi *non verificati*,
- (vi) colore ciano ► elementi *verificati*.



Nel menù *Legno EC5* > *S.L.U.* si trovano i risultati delle verifiche di

resistenza e di stabilità. Il programma visualizza una mappa cromatica con i valori massimi derivati dal calcolo. Si tratta di valori normalizzati: per ogni tipo di verifica il diagramma rappresenta Sd/Su (Sd è la sollecitazione di progetto, Su è la sollecitazione ultima) e quindi se tutti i valori



Nel menù *Legno EC5* ► *S.L.E.* si trovano i risultati delle verifiche in esercizio. Il programma calcola la freccia degli elementi strutturali sia a tempo zero che a tempo infinito e restituisce un valore normalizzato. Il valore mostrato in mappa si ottiene moltiplicando la freccia per 1000 e dividendola per la lunghezza dell'elemento d2. In questo modo questo numero è direttamente confrontabile con i limiti massimi disposti dalla normativa.



Generazione degli esecutivi – Nodi legno

La progettazione e la verifica dei nodi in legno vengono eseguiti all'interno del modulo PRO_CAD Nodi



I nodi in legno vengono eseguiti all'interno dei modulo PRO_CAD Nodi legno. È necessario accedere alla Finestra di controllo generale cliccando con il comando Controlla su un pilastro, scorrere con il cursore fino alla sezione alla base ed utilizzare il comando Genera esecutivi ► Esecutivo collegamento.

Viene automaticamente avviato *PRO_CAD Nodi legno* ed il modulo importa automaticamente la geometria, il materiale e le sollecitazioni degli elementi strutturali, automaticamente viene riconosciuto che la tipologia di collegamento è una piastra di base, per procedere alla progettazione è

sufficiente inserire i dati dei tirafondi e della piastra. Di default sono già preimpostati i limiti dati dall'Eurocodice 5 per le distanze dei bulloni (il D.M.2018 non fornisce indicazioni a riguardo).

7 £ La procedura riportata sopra consente la generazione di un singolo nodo della struttura. Il programma consente anche di raggruppare i nodi simili per studiare un solo nodo per ogni tipologia. Per fare questo si deve utilizzare il comando Contesto ► Generazione esecutivi ► Esecutivi collegamenti. In questo caso non si apre automaticamente il modulo PRO_CAD nodi legno, sarà necessario aprire gli esecutivi della cartella disegni del modello.

Generazione della relazione di calcolo

Per la stampa della relazione di calcolo è necessario utilizzare il comando Contesto > Relazione di calcolo. Si accede così alla finestra Opzioni di stampa che consente la selezione del programma da utilizzare per la stampa, dei capitoli da stampare, del numero di risultati da riportare, delle immagini da allegare.



-

Esempio guidato 6

Analisi dell'interazione terreno-struttura



Esempio guidato 6 - Analisi dell'interazione terreno-struttura

In questo esempio viene studiata l'interazione terreno-struttura. Si utilizza a tal proposito una struttura in cemento armato formata da un telaio tridimensionale composto da travi, pilastri e solai di piano, che poggia su travi di fondazione. La progettazione sismica è eseguita agli Stati Limite secondo il D.M '08. Per maggiori approfondimenti sull'analisi dell'interazione terreno-struttura si rimanda ai videocorsi disponibili all'indirizzo internet *www.2si.it/video.php*.

1. Apertura dell'esempio

Per aprire l'archivio predisposto è necessario utilizzare i seguenti comandi: Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio6.psp Si possono anche visualizzare direttamente i risultati delle verifiche geotecniche aprendo il file:

Si possono anche visualizzare direttamente i risultati delle verifiche geotecniche aprendo il file: Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio6.pvg

2. Normative ed archivi

Normative utilizzate

Con il comando **Preferenze** ► **Normative** si accede alla finestra che consente di selezionare le normative da utilizzare nel calcolo. In questa finestra è possibile accedere anche ai comandi avanzati che permettono di modificare alcuni parametri da utilizzare nelle verifiche della struttura. Di default il programma utilizza il D.M. 2008 per il progetto e la verifica degli elementi strutturali.





Definizione degli archivi

PRO_SAP attinge le informazioni necessarie alla modellazione degli elementi strutturali da diversi archivi completamente personalizzabili dall'utente. In questo esempio verrà utilizzato l'archivio delle stratigrafie per definire il terreno su cui poggia la struttura.

Definizione della stratigrafia

Si accede all'archivio delle stratigrafie con il comando **Dati struttura ► Analisi geotecnica ► Definizione** terreno. Il comando si attiva solo dopo aver eseguito il *check dati struttura*.



In questo modo si apre la finestra Stratigrafia terreno:



Nella finestra sono presenti un riquadro *Database terreni* ed un riquadro *Archivio terreni*. Il *Database* è una raccolta di terreni personalizzabile dall'utente, nell'*Archivio* sono contenuti i terreni necessari in questa progettazione. Per selezionare i terreni da utilizzare per questa stratigrafia è sufficiente trascinarli dal riquadro *Database* al riquadro *Archivio*.

Una volta selezionati i terreni è necessario definire gli strati in cui è suddiviso il terreno. Gli stati vanno aggiunti con i due comandi *Inserisci nuovo strato inferiore* ed *Inserisci nuovo strato superiore*. Una volta inserito lo strato va specificato lo spessore nell'apposita casella.

Spessore (cm) 100.0

Per assegnare il tipo di terreno allo strato è sufficiente trascinarlo dall'Archivio allo strato nella grafica.

Nella parte destra della finestra sono riportate le caratteristiche meccaniche del terreno. Nei terreni preimpostati di PRO_SAP sono stati utilizzati valori tipici reperiti in letteratura, ma i parametri sono completamente personalizzabili dall'utente.

È possibile definire anche più di una stratigrafia nello stesso modello ma in questo esempio ne sarà sufficiente una. Il programma assegna automaticamente la stratigrafia numero 1 a tutti gli elementi strutturali perciò quando la stratigrafia è una sola il progettista non deve intervenire viceversa, se ci sono più stratigrafie, è necessario assegnare manualmente la stratigrafia agli elementi di fondazione.

3. Calcolo delle costanti di Winkler

Definita la stratigrafia è possibile accedere al *modulo geotecnico* per calcolare il valore delle costanti di Winkler degli elementi di fondazione.

👥 Dati struttura 🛪	
Criteri di progetto	
Sezioni	
Materiali	
Analisi geotecnica	Definizione terreno
Fondazioni	Parametri strutturali
Isolatori	Annulla definizioni

Impostazioni per il calcolo delle fondazioni superficiali

Prima di procedere al calcolo è necessario impostare i parametri che il programma deve considerare. Si accede al menù delle impostazioni per il calcolo tramite il comando *Impostazioni > Fondazioni superficiali*.

3	t	
mpost.	Fondazioni superficiali	
	Fondazioni profonde	
	Selezione combinazioni	
	Pref. generali	

a hidronyment i stanting affenden affenden hid	1 pbo 5
Pertanzai Cedaventi e Costanti di Winkler	
Paranahipa costante elatica di Weider	
Fattore di vicunizzia del Calico Lavie per la defensionazione del	Centa Applicato
Percentuale Carico Linvie per il calcolo Carico Nella in londer	into componenta (%)
14" Percenesale siats tensionale (%) 🔽 20 🗥 Nolipiko	noie base fondadorie 🗍 💷
Yobre man, K. di Winkler per olivazioni infinitamente rigide	44.00
Parametri di calcolo delle terricoli verticali per la determinazion Metado di calcolo territori verticali	e dei cedreiné veřízal
Parametri di calcolo delle tercicoli verticali per la determinazion Matodo di calcolo tercioni vetticali Ri Metodo di Docastneroj C. Metodo di Vecifogano	e dei ceidminit verbaik id Metado di Herdie
Parametri di calcolo della fenciosi varticuii par la defaminazion Metodo di calcolo familioni vello all Pri Metodo di Docasioneroj Pri Metodo di Vriestegano Spensare defamadole de canadesare a fini del calcolo defe	e del celaterati verticali d Metodo di Merdie terrelori e del cedicerati
Parametri di calcoto della fancicali verticali per la defaminazion Melodo di calcoto familoni verticali Pri Metodo di Docasinezgi Cri Metodo di Vrischegase Spensore defamabile de cervidesare a lavi del calcoto delle Cri Spensore detas del ovabile come da quota importo	e dei centrerni verticali d C Metodo di Merdie Innelosi e dei cedicenti Kini (1007

Calcolo della costante elastica di Winkler

Il calcolo delle costanti di Winkler viene lanciato con il comando **Calcolo ► Costante Winkler fondazioni superficiali**. Al termine del calcolo si attiva il report che segnala eventuali problemi riscontrati dal programma. Chiudendo il report si attiva il comando *Winkler fondazioni superficiali* che permette di vedere i risultati.



Attivando *K* verticale o *K* orizzontale viene visualizzata una mappa con i valori della costante per ogni elemento di fondazione presente. Inoltre nella parte destra della finestra grafica appare un report con i dettagli del calcolo.



Terminato il controllo dei risultati si può chiudere il modulo geotecnico, o con l'apposito comando *Esci* oppure cliccando sulla *x* in alto a destra nella finestra. Prima di chiudersi il programma chiede di salvare i dati: rispondendo *Si* vengono salvati i valori calcolati delle costanti di Winkler, vengono automaticamente passati a PRO_SAP ed assegnati agli elementi strutturali.



5. Esecuzione delle analisi e controllo dei risultati

Esecuzione delle analisi

Tornati in PRO_SAP dopo il calcolo delle costanti di Winkler, si passa al contesto di *Assegnazione carichi* per assegnare i carichi alla struttura. Fatto questo si lanciano le analisi con l'apposito comando.

Controllo dei risultati delle analisi

I risultati disponibili al termine delle analisi sono quelli nell'immagine seguente:

📾 🛦 🛏 🔊 🖉 🌍 🖪 🚯 🥭 📕

Risuitati

Per visualizzare un risultato è necessario selezionare una combinazione con il comando Vedi combinazione e successivamente il risultato di interesse scegliendo tra quelli messi a disposizione da PRO_SAP.

Nella modellazione geotecnica sono rilevanti i risultati contenuti in *Azioni fondazioni*. Tramite questi comandi è possibile controllare le pressioni esercitate dalla struttura sul terreno e le azioni nei pali.



È importante che i valori della pressione sul terreno siano negativi (quindi di compressione) per ogni combinazione di calcolo considerata. È possibile sfruttare il comando *Max* per eseguire un controllo: si visualizza il valore della pressione sul terreno per una combinazione di calcolo qualunque e si clicca sul comando *Max*. Il programma esegue una scansione e cerca la combinazione dove questo risultato è più grande. Se il valore più grande è un numero negativo non ci sono problemi perché lo sforzo è sempre di compressione. Pressioni positive sul terreno (quindi di trazione) potrebbero indicare che gli elementi di fondazione sono sottodimensionati. Si consiglia di eseguire sempre questo controllo prima di passare alle verifiche di portanza ed al calcolo dei cedimenti.

6. Verifiche di portanza e calcolo dei cedimenti

Per eseguire le verifiche di portanza ed il calcolo dei cedimenti è necessario tornare nel modulo geotecnico dal contesto di *Visualizzazione risultati* con il comando **Dati di progetto ► Analisi geotecnica**. Accedendo al modulo geotecnico da *Visualizzazione risultati* vengono disattivati i comandi per il calcolo delle costanti di Winkler ma si attivano quelli per le verifiche geotecniche ed il calcolo dei cedimenti.

Verifiche di portanza

Prima di eseguire le verifiche è necessario usare il comando *Impostazioni* ► *Fondazioni superficiali* per selezionare le teorie da considerare nel calcolo ed inserire i coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa.

	🖕 Importations fondational superficial - Approactic prog. tipo 2
	Pertanza Codimenti e Costanti di Winkler [Histudo di sobela postenzo Costilizioni restitut sconimento Timme scolti La. [S < Ea < 10.] Masses Masses Masses Europodec EE? Rocos Testino di spino possino 11. Masses Susse Poscos Testino di spino possino 11. Masses Susse Poscos Testino di spino possino 11. Matricenzigitati mas 205 National 205
Fondazioni profonde	Socia de l'ôtre pri l'obleto potence Alsi 12 4 001 451 IP Riducere deseniori pri accertichi Alsi 12 4 001 451 IP Riducere deseniori pri accertichi Alsi 12 4 001 451 IP Riducere deseniori pri accertichi Alsi 12 4 001 451 IP Riducere deseniori pri accertichi Alsi 12 4 001 451 IP Riducere deseniori pri accertichi Alsi 12 4 001 451 IP Riducere deseniori pri accertichi Alsi 12 4 001 451 IP Riducere deseniori pri accertichi Alsi 12 4 001 451 IP Riducere deseniori pri accertichi Alsi 12 4 001 451 IP Riduc distributione del colori Parimetri di coloris per potence (3) IP Ridue distributione del colori Fatori di pricarenetti accerti lagione (3) IP Ridue distributione tradiconti per potence (3) Fatori di rituzione largineza (3)
Selezione combinazioni	Coefficient paralel di scuezza per Tansioni Annesidik, SLE Fait de: Tor'Stel 250 Fait de: Tor'Stel 250 Fait de: Tyr'Stel 2 Fait de: Tor'Stel 300 Fait de: Tor'Stel 300 Fait de: Tyr'Stel 3
	Fak TanFTITSian 100 Fak "C"Sian 125 Fak "Du" Siak 1 Fak TanFTITSian 100 Fak "C"Sian 125 Fak "Du" Siak 1
	Fit R.2 R.3 Effett install falled condition Fit R.2 R.3 IF fatto 2 bools of Paskco/Pecks Porance 1.00 1.00 2.30 Sconnento 1.00 1.10 1.00 Argolo district Figure and 20 1.00 1.00 1.00
	Pontina Pentina OK Salvo Annal

Una volta impostati questi parametri è possibile eseguire le verifiche con il comando **Calcolo** ► **Portanza fondazioni superficiali**. Al termine del calcolo viene visualizzato il report che segnala elementi non verificati o problemi riscontrati durante l'analisi. Chiudendo il report si attivano i comandi per il controllo dei risultati delle verifiche che possono essere richiamati dal menù *Portanza fondazioni superficiali*.

Sono disponibili sia i risultati delle verifiche di portanza verticale che quelle di scorrimento sia in senso longitudinale alla fondazione che trasversale. Per tutte e tre le verifiche ci sono due tipologie di risultati: *Valore massimo* e *Tutti i risultati.*

Valore massimo presenta una mappa con il valore peggiore della verifica. Il report nella parte destra della finestra grafica specifica quale combinazione di calcolo ha portato a questo valore.

Tutti i risultati riporta i risultati per tutte le combinazioni di calcolo per ogni elemento di fondazione. Inoltre vengono forniti anche i risultati parziali del calcolo.





Calcolo dei cedimenti

Prima di eseguire le verifiche è necessario usare il comando *Impostazioni* ► *Fondazioni superficiali* per selezionare le teorie da considerare ed il metodo di calcolo dei cedimenti. Le opzioni per il calcolo dei cedimenti si trovano nella cartella *Cedimenti e costanti di Winkler*.

Impostazioni	Peranetri di calcolo della tensioni veticali Metodo di codoranti veticali F. Metodo di colorito tensioni veticali F. Metodo di Bouccinezz C. Metodo di Westergaard C. Metodo di Nedin
Fondazioni superficiali	Specces deformable the concidences a first del nalcolo delle tencion e dei cedenetti Specces intelo defarmable come da quota importa (onl) Sug 0
Fondazioni profonde	F Spannes their defensable some da percentuale dello stato territorale (3) 20
Selezione combinazioni	Metrodo di calcolo de cedrarelli
Pref. generali	Calcolo dei cadimenti con il setodo edinettico

Una volta impostati questi parametri è possibile eseguire il calcolo dei cedimenti con il comando **Calcolo** ► **Cedimenti fondazioni superficiali**. Al termine del calcolo viene visualizzato il report che segnala eventuali problemi riscontrati durante l'analisi. Chiudendo il report si attivano i comandi per il controllo dei risultati che possono essere richiamati dal menù *Cedimenti fondazioni superficiali*.

Ci sono due tipologie di risultato: *Valore massimo* e *Singoli elementi*. *Valore massimo* presenta una mappa con il valore massimo dei cedimenti. Il report nella parte destra della finestra grafica specifica il numero e la tipologia della combinazione di calcolo che ha portato a questo valore. *Singoli elementi* riporta i risultati per tutte le combinazioni di calcolo per ogni elemento di fondazione.



7. Generazione della relazione di calcolo

Al termine dell'analisi è possibile generare la relazione di calcolo tramite il comando *Relazione di calcolo*. La generazione avviene tramite il modulo *PRO_WRT* e la relazione viene salvata in formato .rtf. Se la relazione geotecnica viene salvata nella cartella di default proposta dal programma verrà automaticamente allegata alla relazione di calcolo della struttura.



Esempio guidato 7

Verifica di un edificio esistente



Esempio guidato 7 - Verifica di un edificio esistente

In questo esempio viene eseguita la verifica di una struttura esistente. Si utilizza allo scopo una struttura in cemento armato formata da un telaio tridimensionale composto da travi, pilastri e solai di piano. Viene eseguita un'analisi dinamica lineare e la verifica con il metodo dello spettro elastico secondo il D.M '08. Per maggiori approfondimenti sulla verifica di edifici esistenti si rimanda ai videocorsi disponibili all'indirizzo internet *www.2si.it/video.php*

4. Apertura dell'esempio

Poiché lo scopo di questo esempio è illustrare come verificare un edificio esistente si trascura la parte di modellazione della struttura, quindi è necessario aprire il modello già predisposto utilizzando i seguenti comandi:

Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio7.psp

5. Normative

1.3

Con il comando **Preferenze** ► **Normative** si accede alla finestra che consente di selezionare le normative da utilizzare nel calcolo. In questa finestra è possibile accedere anche ai comandi avanzati che permettono di modificare alcuni parametri da utilizzare nelle verifiche della struttura. Trattandosi di struttura esistente si deve attivare l'opzione *Verifiche sismiche per edificio esistente*.

Normative in and			-
Concess analo C Dis 200 C Dis 32 C Dis 32 C Dis 31 C Dis 10 Averais.	Acuto A OA 200 C OK 1001 C CC3 MIC C AKCORD	Expre A Dec.2008 C RESLESCE 71 C EES Avenuels	Чама Фондов Сондо Сондо Сондоб
Sance 1° D.H. St 1° Delvana 3374 19 Delv 2008 19 Veliche revelan pr edicte autorite	€ 608 Сом.2005 Америк.	Pasitienen al honoo	DK Ansla

6. Assegnazione dei carichi alla struttura

Definizione dei casi di carico

Nel contesto di *Assegnazione carichi* è possibile definire ed assegnare i carichi di progetto agli elementi strutturali. PRO_SAP dispone di alcuni automatismi che premettono al programma di definire alcune tipologie di carico senza necessità di intervento da parte dell'utente.

I carichi sono organizzati in *Casi di carico* cioè archivi di carichi di tipologia omogenea, per definirli si usa il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico*.

Dati di carico 👻 Casi		carico
-----------------------	--	--------

Se l'archivio dei casi di carico è vuoto il programma chiede se il progettista vuole sfruttare gli automatismi con la sequenza di finestre che seguono:





Alla prima domanda è necessario rispondere *Si* per sfruttare la definizione automatica dei casi di carico sismici.

Alla seconda finestra rispondendo *Si* vengono definiti dei casi di carico sismici dinamici per eseguire l'analisi modale, rispondendo *No* vengono definiti dei casi di carico sismici statici per eseguire l'analisi statica lineare. In questo esempio è necessario rispondere *Si* per eseguire un analisi dinamica lineare.

La terza finestra permette al programma di controllare se i parametri inseriti nei criteri di progetto sono conformi a quanto dettato dal D.M. 2008 (i criteri di progetto saranno utilizzati successivamente, in fase di progetto e verifica della struttura).

Al termine della scelta si apre l'archivio dei casi di carico, il programma ha automaticamente definito le seguenti tipologie:

1.	1	Peso	proprio	della	struttura.	
----	---	------	---------	-------	------------	--

- 2. *Permanente solai-coperture:* carico permanente dei solai compiutamente definito.
- 3. *Permanente solai-coperture n.c.d*: carico permanente dei solai non compiutamente definito (permanenti portati, tramezzi, ecc...).
- 4. Variabile solai: carico accidentale dei solai.
- 5. Carico da neve: carico da neve dei solai di copertura.
- 6. CDC=Es (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione X con eccentricità accidentale positiva.
- 7. *CDC=Es (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)* sisma dinamico allo S.L.V., in direzione X con <u>eccentricità accidentale negativa</u>.
- 8. *CDC=Es (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)* sisma dinamico allo S.L.V., in direzione Y con <u>eccent</u>ricità accidentale positiva.
- 9. CDC=Es (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.V., in direzione Y con eccentricità accidentale negativa.
- 10. CDC=Es (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione X con eccentricità accidentale positiva.
- 11. CDC=Es (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione X con eccentricità accidentale negativa.
- 12. CDC=Es (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione Y con eccentricità accidentale.
- 13. CDC=Es (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -) sisma dinamico allo S.L.D., in direzione Y con eccentricità accidentale negativa.

Oltre a questi casi di carico, definiti in modo automatico dal programma, è necessario aggiungere manualmente un *Permanente generico compiutamente definito* per modellare il carico dei tamponamenti sulle travi. Va definito cliccando due volte sul simbolo *Gk* e selezionando l'opzione *G1: compiutamente definito* nella finestra *Definizione permanente*. È possibile modificare l'etichetta per ricordare che si tratta del carico dei tamponamenti.

Per confermare le modifiche premere il pulsante *Applica*. Se non viene premuto *Applica* il caso di carico non verrà definito.



14. Permanente generico

Per quanto riguarda il *Peso proprio della struttura* il programma determina automaticamente l'entità del carico in base alle caratteristiche del materiale assegnato agli elementi strutturali.

Per i *Permanenti solai-coperture*, *Variabile solai* e *Carico da neve* (del solaio di copertura) il carico è automaticamente applicato agli elementi strutturali sulla base di quanto è definito nell'archivio *Solai* e *coperture*.

Per definire le caratteristiche del carico sismico è necessario utilizzare il comando **Dati di carico ► Casi di** carico sismici.

Infine per definire il carico *Permanente generico* dei tamponamenti è necessario utilizzare il comando **Dati di** carico ► Carichi generici.

Definizione dei carichi generici

Una volta modellati i casi di carico è necessario definire i *Carichi generici*. In questo esempio verranno sfruttati per definire il carico dei tamponamenti che agisce sulle travi. Il comando da utilizzare è **Dati di** *carico* ► *Carichi generici*.

Dati di carico - Carichi generici

All'interno della *Tabella dei carichi generici* si deve selezionare il carico distribuito globale. Si accede alla finestra *Carico distribuito globale* all'interno della quale è possibile specificare l'entità del carico. Inserito il carico come in figura si deve premere il tasto *Ok* per uscire. È possibile inserire un etichetta per ricordare il tipo di carico che si è appena definito.

E Per confermare le modifiche premere il pulsante *Applica*. Se non viene premuto *Applica* il carico generico non verrà definito.

isbella dei carichi generici 🛩 🥪 🍕 🤕 🚽 🚽		92
Se izo generico corerile DEF2i-5 00 F2i-5.00 Tanponamenti	Carico Schributo globale carico Fol- (0,0 carico carico Fol- (0,0 carico) carico	Fd+ 00 Fd+ 00
Copies Intoles	asc. iniz. = [0.0 asc. fr	Nat- 00
Apples Annula Eimne		Ead

Definito il carico, per applicarlo agli elementi strutturali si usa il comando *Edita* e si clicca sulla trave alla quale si desidera applicare il carico. Si apre la *Tabella dei carichi applicabili*:



CAT: FOAFLEFAAF		for a new second
DG Fp=5.00 fbt=5.00 Tanponatrant	그	[LDC=0k (pernenente penenco) temponenente 🔄
DG Fa-5.00 Fa-5.00 Tempor	orenii	CDE-Gk (permanente generico) terponoment

Nella parte sinistra si trovano i carichi generici definiti, nella parte destra i casi di carico dove è possibile applicare il carico generico. Per assegnare il carico alla trave è sufficiente trascinare il carico generico nel caso di carico desiderato. Una volta assegnato il carico è necessario usare il comando *Applica* per confermare le modifiche (se non viene dato il comando *Applica* il carico non verrà assegnato all'elemento). Per applicare il carico anche ad altri elementi strutturali è necessario utilizzare il comando *Setta riferimento* per memorizzare le impostazioni del carico. Successivamente vanno selezionati tutti gli elementi a cui va applicato lo stesso carico. Una volta selezionati gli elementi si deve cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica di *PRO_SAP* ed utilizzare il comando *Assegna riferimento* per applicare automaticamente il carico a tutti gli elementi selezionati.

Al termine dell'assegnazione dei carichi alla struttura è possibile controllare se i carichi sono stati assegnati correttamente alla struttura con il comando *Vedi caso di carico*. Questo comando permette di visualizzare i carichi assegnati alla struttura per ogni singolo caso di carico.

<u>50</u>

Definizione dell'azione sismica

Dopo aver definito i casi di carico sismici, per definire l'azione sismica si deve utilizzare il comando **Casi di** carico ► **Casi di carico sismici**. Si attiva una procedura guidata in cinque passi che permettono di indicare tutti i parametri necessari a definire lo spettro di progetto come previsto dal D.M. 2008.

Dati di carico - Casi di carico sismici

Al passo 1 vengono richieste la Classe d'uso della struttura e la località. Per inserire la località è necessario usare il comando *pericolosità sismica* che consente di accedere alla finestra *Valutazione della pericolosità sismica*. È possibile indicare il nome o le coordinate geografiche della località dove verrà realizzata l'opera. In questo esempio la classe d'uso della struttura è classe II – edifici ordinari e la località è Ferrara.

Class of Leo. C 1 judio driven experience perior associate publica- public specific J. ** a - edito antimet C* as - edito importantin especific de possiguieros de un enversado de local Leonardia ha inspectora fondementais per la poste de un la conversión ha inspectora fondementais per la poste de un la conversión ha inspectora fondementais per la poste de un la conversión ha inspectora fondementais per la poste de una conversión ha inspectora a fondementais per la poste de una conversión ha inspectora de una conversión per la poste de una conversión ha inspectora de una conversión per la poste de una conversión ha inspectora de una conversión de una conversión de una convers	Percental is conserved percental is annually r Health of congettaining r
Anata	



Al passo 2 vanno specificate la categoria di suolo di fondazione, la categoria topografica e lo smorzamento del suolo. In questo esempio si seleziona categoria di suolo C, categoria topografica T1 e smorzamento 5%.

r n Alteria descrito r n Alteria pedano (1) Anto alterio (1) An

Al passo 3 c'è il riepilogo dei parametri dello spettro. Inoltre è possibile indicare la classe di duttilità, il coefficiente eta ed il fattore di struttura. Trattandosi di edificio esistente, la scelta va fatta in base a quanto specificato nella circolare 617. In questo esempio, volendo applicare il metodo dello spettro elastico, si imposta q = 1.

A DESCRIPTION OF A DESC		Note Some
Internet and the second	de line for for for	The second

Al passo 4 è possibile impostare i dati per le analisi. È presente un riquadro per i dati comuni, validi per tutti i tipi di analisi; una cornice per le analisi dinamiche lineari ed una per le analisi statiche, sia lineari che non lineari. Nell'esempio viene eseguita un'analisi dinamica lineare, di conseguenza è necessario impostare il numero di modi di vibrare da calcolare, in questo caso 15.

Peco 4	Letter and the second se
Cold research per la sealar Depis servicial (m) Depis servicial (m) Depis servicial (m) Depis servicial (m) Depis relativa Servicial (m) Depis relativa Servicial (m) Depis relativa Servicial (m) Depis relativa Servicial (m) Depis relativa (m) Depis relativa (m	Delayer and is data family in the level of t
- 20	Index Avail - Auguste

Al passo 5 si devono definire le masse sismiche. È disponibile un comando per la definizione automatica: utilizzandolo il programma applicherà automaticamente i coefficienti necessari considerando un peso

unitario per i carichi permanenti ed il coefficiente psi2 per i variabili dei solai e per il carico da neve dei solai di copertura.

on. Mara		12500	17			o and	- N	
110 217 217 219 219	100 100 100 100 100	1 50 1 50 1 50 1 50 1 50 1 50	10.7	100 +P1 100 100 100	1.00	140 18 160 160 160 160		
	raffrari Attac	op said in	ues Calaverte		Till per dela Definitions o	Arculove tere admite	R	

Definizione delle combinazioni

Per definire le combinazioni di calcolo si deve utilizzare il comando **Dati di carico ► Combinazioni**. In questo modo si apre la *Tabella delle combinazioni*.



Tabelo del	le combin	#2 CR					1
and cancel	vieconato	2	1				
to cast.			E.s.s.	N 20	879 S. 11		
Caster_	121	46.2	10.9	10.6	165	LC.G.	
CM8 1 CM8 2 CM8 3 CM8 3 CM8 4 CM8 5 CM8 5 CM8 5 CM8 7 CM8 7 CM9 7 CM9 11			8.08 8.08 1.58 8.08 8.08 1.58 8.08 9.08 9.08 9.08	800 875 800 805 800 805 800 875 800 875 800 875	8400 8400 8400 8400 8400 8400 8400 8400		
Applang	1	auri	Firestation at	nerveticie nei general	Аррасса I	1 Agent	, 1000 2
Ret	ucyinthe .		110.00	51,2.108	1.emotel	1000	
Leggille	1. 10	dile	SL owner	51.E.0ms		5	
Condeconial	abicato pra	SLE.	SLU entit.	SUS (pend			
19 Ostrain 17 Augesti 17 Materia	e gatzbył		Contra int	nePPIQ_SAF (ns.)	5081013Yep	ucotumi	
					DK.	1. 10	inda .

Il programma consente di generare automaticamente le combinazioni di calcolo come previste dal D.M. 2008. Per sfruttare gli automatismi è necessario usare il comando *Impostazioni generali* che tramite una procedura guidata in quattro passi permette di impostare i coefficienti e le regole per combinare i carichi agenti sulla struttura.

Al passo 1 – *Parametri per i carichi variabili* si devono introdurre i coefficienti psi per i carichi variabili. Per i variabili dei solai ed il carico da neve dei solai di copertura gli psi sono inseriti automaticamente dal programma leggendoli dall'archivio *Solai e coperture* anche se i valori rimangono editabili dall'utente.

the second se					
ARC PUBLIC	Inc	INI	IN2	19/200	Seat.
CC					

Al passo 2 – Interazione casi di carico variabili è possibile indicare la logica con cui combinare i carichi variabili. Non dipendente non applica nessuna regola precisa; Inclusivo genera le combinazioni facendo in modo che o entrambi i carichi siano presenti in combinazione o nessuno dei due; Esclusivo genera le combinazioni facendo in modo che in ogni combinazione sia presente uno o l'altro carico, mai entrambi contemporaneamente.

tynasiane casi di carico variab	4		-
Case di carico:	-	NUCCESSION OF THE OWNER.	
CDC	COC-Calc successionals exact	CSC-OR Land do Minel	_
CDC-Gale tecsitoritais initial CDC-Grie icatoo da reixio	0.000.000000000000000000000000000000000	Mus descrierte	

Al passo 3 – *Definizione durata* è possibile indicare la durata dei carichi. Questa funzione è da utilizzare per le strutture in legno.

be Auntre			1.0
(DC	Dues	Stars. of .	1
CECCAP terms reports allow induced , CECCAP terms and terms and a CECCAP terms and terms CECCAP terms and terms CECCAP terms SUM data-Effects, 41 CECCAP terms sum of terms of te	Personante Presonante Matia d'artic Matia d'artic Matia d'artic Matia d'artic Participation Personante Persona		

Al passo 4 – *Scenari di carico* è possibile inserire i coefficienti di sicurezza da applicare nella generazione delle combinazioni di calcolo. Di default sono preimpostati i valori del D.M. 2008.

Witer same	100115		- Chinese	Section .	1000	1.0.0	1.00
Tennes of some AT STREET	E OT NOR	a stors	Ton .	Statute .	07108	or one	120
Faller of costs, with participation	-	10	1.2	<u></u>	-	-	114
comparison of the second second		P	-	-	<u> </u>		114
1 - HELF HOLE	his.	40.8	jus -	P	1	1	110
St. per soline samishe				Contraction of the			
35	310.906	\$ direct	100 east	302.84	area.	27.00	44
Fallest of costs, AT []	P	0	P	P		-	1
Faller (B cont) AD	- 11	1	1	P	31	9	्री
Apples (5)34.42.5(5)	h giête cực	utilation a	Longers	63			
SU por anone accusionali							
Date in concession of	S O C MARK	& restau	102808	002mm	OTHER.	STAR.	20
Farmer of concerning sectors.	10	P	10	- P			12

Concludendo la procedura si possono generare le combinazioni sfruttando gli automatismi di PRO_SAP. In questo esempio si utilizzano i comandi nella figura seguente:

S.L.U. strutt.
S.L. sismica

8. Esecuzione delle analisi e controllo dei risultati

Esecuzione delle analisi

Si lanciano le analisi con l'apposito comando**ses**. Al termine diventa disponibile il report all'interno del quale sono riportati i modi di vibrare determinati dal programma e vengono indicati eventuali problemi od errori nel calcolo.

Set allo sectors 1 arrado sectors fandos 2 arrado sector sectors 2 arrado sector sectors 1 arrado sector sectors 4 arrado sector sectors 4 arrado sector sectors 4 arrado sector sectors 5 arrado sector sector 5 arrado sector sector 5 arrado	 8.1 Canteolis dello stata - report
To be a super-structure of the second structure of th	 Cartada maleri materi 1 Cartada maleri materi 1 Cartada maleri 2 Cartada Maleri 2 Maleri 2 Ma



Nel caso di analisi dinamica lineare il D.M. 2008 richiede che la massa eccitata sia almeno l'85% di quella totale. Se la massa eccitata non è sufficiente il solutore scrive un avvertimento nel report, se nel report non ci sono warning la massa eccitata è sufficiente. Si consiglia sempre di controllare gli avvertimenti del solutore. Se la massa eccitata non raggiunge l'85%, tornare al passo 4 dei casi di carico sismici ed aumentare il numero di modi di vibrare.

9. Esecuzione delle verifiche

Assegnazione degli schemi di armatura

Prima di poter eseguire le verifiche è necessario assegnare le armature a travi e pilastri. Questo è possibile tramite gli *Schemi di armatura* a cui si accede cliccando sul comando *Edita* e selezionando un elemento strutturale.

Edita proprieta 02	a 🙆	Edita proprieta D2	4 6
10 1 J . 1 .	3	間 1 1 1	87)
MB MB		🖹 Schema armatura	
🗄 Schema armatura		🗄 Armatura superio	are
🗄 Armatura pilastro		🗄 Tratto iniziale	
🗟 Base		Lunghezza	150.0 [cm]
Lunghezza	0.0 [cm]	Armatura	10.0 [cm2]
Diametro vertici	0	El Tratto centra	le
Diametro lati	0	Lunghezza	0.0 [cm]
n feri lato 1	0	Armatura	6.0 [cm2]
ru feril lato 2	0	🗄 Tratto finale	
🗟 Tratto intermed	io	Lunghezza	150.0 [cm]
Lunghezza	0.0 [cm]	Armatura	10.0 [cm2]
Diametro vertici	16	Armatura inferio	re
Diametro lati	16	🖯 Tratto iniziale	Carlotter of
n, ferri Isto I.	2	Lunghezza	9.0 [cm]
n. ferti lato 2	2	Annatura	8.0 [cm2]
🗄 Cima		🗄 Tratto centra	le
Lunghezre	0.0 [cm]	Lunghezza	300.0 [cm]
Diametro vertici	0	Armatura	12.0 [cm2]
Diametro lati	0	🗉 Tratto finale	
n, ferri lato L	0	Lunghezza	0.0 [cm]
n. farii lato 2	0	Armatura	8.0 [cm2]
🗉 Staffatura		Staffatura	
🗄 Base		🗄 Tratto iniziale	1
Lunghezza	0.0 [cm]	Lunghezza	50.0 [cm]
Diametro	0	Diametro	8
Passo	0.0 [cm]	Passo	100 [cm]
🗐 Tratto intermed	io	🗄 Tratto central	60
Lunghezza	0.0 [cm]	Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	8	Diametro	8
Passo	20.0 [cm]	Passo	25.0 [cm]
🗄 Gima	13	El Tratto finale	
Lunghezza	0.0 { cm }	Lunghezza	50.0 [cm]
Diametro	0	Dismetro	8
Passo	0.0 [cm]	Passo	10.0 [cm]

Sia le travi che i pilastri vengono divisi in tre tratti all'interno dei quali è possibile specificare le armature longitudinali e trasversali. Se l'armatura non varia lungo la trave o lungo il pilastro non è necessario compilare tutti e tre i tratti: è sufficiente compilare il tratto centrale e lasciare le lunghezze nulle, PRO_SAP automaticamente estenderà le armature del tratto centrale anche agli altri tratti.

Non è necessario compilare gli schemi armatura per tutti gli elementi presenti nel modello: come per le altre proprietà, se vi sono elementi con la stessa armatura, è possibile usare il comando *Setta riferimento* e successivamente *Assegna schema armatura* per assegnare gli schemi agli elementi strutturali che sono armati allo stesso modo.

Esecuzione delle verifiche

Il comando per eseguire le verifiche è Contesto ► Esecuzione progettazione ► Verifica edificio esistente



Attivando il comando viene visualizzato il messaggio riportato in figura:



Non si tratta di un errore, il messaggio è da intendersi come un avvertimento: il programma segnala che nel caso ci siano elementi senza schema di armatura assegnato, questi verranno verificati con un armatura di base composta da quattro ϕ 16 nei vertici e staffe ϕ 8 passo 30 cm. Può essere visualizzato anche qualora il programma non avesse ancora letto gli schemi di armatura inseriti.

Controllo di accettazione dell'analisi lineare

Trattandosi di un edificio esistente su cui è stata eseguita un'analisi lineare, la circolare 617 prima di tutto richiede un controllo di accettabilità che è possibile eseguire con i risultati messi a disposizione da PRO SAP nei menù *Pilastri cls s.l.* e *Travi cls s.l.*

La circolare 617 prescrive di controllare che tra i coefficienti rho > 2 il rapporto tra il massimo ed il minimo sia inferiore a 2.5. Se così non fosse i risultati delle analisi non sono accettabili e sarebbe necessario procedere alle verifiche con un altro metodo. Questo controllo può essere eseguito tramite le mappe disponibili in *Pilastri cls s.l.* \triangleright *S.L. edifici esistenti (q=1)* \triangleright *rapporto rho* e *Travi cls s.l.* \triangleright *S.L. edifici esistenti (q=1)* \triangleright *rapporto rho* e *Travi cls s.l.* \triangleright *S.L. edifici esistenti (q=1)* \triangleright *rapporto rho*.



Inoltre la normativa prevede anche un controllo per i meccanismi fragili: se i coefficienti rho sono maggiori di 1 è necessario calcolare la domanda sulla base della resistenza degli elementi duttili, viceversa se i rho sono minori di 1 la domanda viene determinata in base ai risultati dell'analisi. È possibile fare questo controllo con le mappe *Pilastri cls s.l.* ► *S.L. edifici esistenti (q=1)* ► *Verifica fragili (taglio accettazione)* e *Travi cls s.l.* ► *S.L. edifici esistenti (q=1)* ► *Verifica fragili (taglio accettazione)*.

Controllo dei risultati delle verifiche

Se il controllo di accettazione delle analisi lineari è superato è possibile procedere al controllo dei risultati delle verifiche. In questo caso, poiché è stato utilizzato il metodo dello spettro elastico, sia per le travi che per i pilastri saranno disponibili i risultati del menù *S.L. edifici esistenti (q=1)*. Il primo comando che si ha a disposizione è lo *Stato delle verifiche*, attivandolo gli elementi verificati vengono colorati in ciano, gli elementi non verificati di rosso.

Per le travi le verifiche da controllare sono *Verifica duttili SLV* e *Verifica fragili SLV*. Per i pilastri si devono controllare *Verifica duttili SLV*, *Verifica fragili SLV* e *Verifica nodi SLV*. Tutte le verifiche si ritengono soddisfatte se il valore in mappa è minore di uno.



10. Generazione della relazione di calcolo

Per la stampa della relazione di calcolo è necessario utilizzare il comando **Contesto ► Relazione di** calcolo. Si accede così alla finestra *Opzioni di stampa* che consente la selezione del programma da utilizzare per la stampa, dei capitoli da stampare, del numero di risultati da riportare, delle immagini da allegare.

Saveaka'	
P Date Headers (File P Database) P Bolocheau (Se	alann is talanc 🔄 🛨 Astrona hannagin 🗍 dinancatari
Anate wed	Program taxata tarta 🕑
a anderimalist 2	ri usanni mgelir 3 🕐
Fitness Fitness	Calut C'Tanidedibhin
P Not. P Electric IT Stendor T Electric T State (T poperti) P Catch P Catch P Catch P Catch P Catch	Property Co P. Property Of P. Property Of P. Prodect Of a content des direct Name Of D
Poster anie P Sector P Forders P Sector P Forders P Elector P Forder T Control C Set carry (7) C Set carry (7) C Set carry (7) Description (7)	Papeto acian P. Rogetti EJ P. Pagetti EJ Verkale y codeni denar P. Verkale segni P. Stellade segni P. Stellade segni P. Stellade segnitation P. Stellade segnitatio

Esempio guidato 8

Verifica di resistenza al fuoco di un edificio in

cemento armato



Esempio guidato 8 - Verifica di resistenza al fuoco di un edificio in cemento armato

In questo esempio si illustra la procedura per effettuare la verifica di resistenza al fuoco di un edificio in cemento armato. Si considera a tal proposito una struttura formata da un telaio tridimensionale composto da travi, pilastri, pareti e solai di piano, con verifiche eseguite secondo il D.M. '08 ed UNI EN 1992-1-2. Per maggiori approfondimenti sulla verifica di resistenza al fuoco si rimanda ai videocorsi disponibili all'indirizzo internet *www.2si.it/video.php*

Apertura dell'esempio

Poiché lo scopo di questo esempio è illustrare come eseguire le verifiche di resistenza al fuoco si trascura la parte di modellazione della struttura, quindi è necessario aprire il modello già predisposto utilizzando i seguenti comandi:

Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio8.psp

Normative ed archivi

Normative utilizzate

Sfruttando il comando **Preferenze** ► **Normative** si accede alla finestra per selezionare le normative da utilizzare nel calcolo.





Con il comando *Avanzate* presente nella cornice *Cemento armato* è possibile accedere ad alcuni comandi avanzati che permettono di modificare i parametri da utilizzare nelle verifiche della struttura. In particolare nella cornice *Coefficiente effetti di lunga durata* è possibile impostare il valore del coefficiente α_{CC} che di default è posto pari ad 1 come prescritto dal D.M. 2008.

Definizione dell'archivio delle sezioni

Nell'archivio delle sezioni è possibile specificare le sezioni che si intendono assegnare agli elementi strutturali. Inoltre, una volta definite le sezioni, è possibile indicare quali sono i lati esposti all'incendio. Vi si accede con il comando **Dati struttura** ► **Sezioni**.



Data la geometria della sezione si accede alla finestra per impostare i parametri per l'analisi e la mappatura termica della sezione con il comando *Analisi resistenza al fuoco* contenuto nella cartella *Dati sezione*.

		1 Asola della rearteraz al luono della secone	1.85
		Lato Toto Toto <thtoto< th=""> Toto Toto <tht< th=""><th>4</th></tht<></thtoto<>	4
Tabelli delle sesioni	0	Decementary (1999) Representary (1999) A Difference	1
Sectors/generate Politicsmptor Trolli accoppiot Dati sectors/ Dati sectors/ A 19000 Ansatura trasvenske Ansatura trasvenske Ansatura trasvenske A 19000 122 \$75000 123 \$75000 A 19000 122 \$75000 123 \$75000 A 19000 W 32 \$90000 W 33 \$90000 A 191 W 32 \$75000 W 33 \$90000 A 193 \$90000 W 32 \$75000 Wp 33 \$75000 A 191 \$9000 \$9000 \$9000 \$9000 \$9000 \$900000 \$900000 <		Disarcane Mo 20 mark (cn) N and (25 N. abanet (25 Agene	017
unia 100 unia 1100	Usa per eccisio-legna	(university)	22
Analtei matefuncei al Sance Unitari in con	Copie 100.05	Equiliers 30 real	ŬŔ.
Perturgalase: b=30.00 h =30.00 t=90	Acelice 1 =	1 Con gani (* 1 une (************************************	Del

Nella finestra Analisi della resistenza al fuoco della sezione sono presenti:

- > Tabella per la definizione del tipo diesposizione
- > Cornice grafica dell'orientamento dell'elemento e dell'indicazione dei lati esposti
- Comandi di gestione della mappatura termica
- > Comandi di gestione delle resistenze e dell'esposizione
- Finestra grafica della mappatura termica

Il comando Avanzate consente l'accesso alla finestra Dati per l'analisi del transitorio termico e verifica capacità portante per la definizione di parametri relativi alla singola sezione.



Definizione dei criteri di progetto

Per quanto riguarda le pareti l'esposizione all'incendio viene definita tramite i criteri di progetto. È possibile accedere alla *Tabella dei criteri di progetto* tramite il comando *Dati progetto* ► *Criteri di progetto*.

Nella struttura considerata gli assi locali delle pareti non sono tutti disposti allo stesso modo quindi per definire correttamente il lato esposto all'incendio è necessario definire due criteri di progetto diversi. In particolare il criterio di progetto numero 1 è predisposto per le pareti esposte sulla faccia 3+; il criterio di progetto 2 per quelle esposte sulla faccia 3-. Per entrambi si assegna un tempo di esposizione di 90 minuti.

Eccirteran al fuecto		Sectoreran of two ca-	
3 wtradooss		P 2- Mtradomo	
X 3+ antradiosos		24 estruducto	
Temps clicipatitions R	-90	Tempo di seponizione 8	58
3+ estradous Ausigna Paspecisione a careco d'acend	a ngé www.wtb.cov.fic.co.i+.expictu	3+ estradosio disagea l'especiene a cance d'incen	dia agii diwawin can tacca 2+ nyanza
3+ estrudonos Astegna Perpetitione a carco d'incend Ofanto di congetto 1	n ngli www.writ.com fac.co.i+ wypacta	3+ estradoso doograf Vepersione a cance d'inner Dissu d'oropete 2	dia ngi electerit con facca 2+ espaza

Per capire come assegnare i criteri di progetto alla struttura è necessario visualizzare gli assi locali degli elementi d3. Questo è possibile con il comando **Preferenze** ► **Opzioni elementi** che attiva la finestra Opzioni di disegno Nodi ed elementi. Per visualizzare gli assi locali è necessario spuntare l'opzione Elementi d3 assi locali.

Circuit D'Structure a	-	Colore e scala
Clement D3caretus Clement D3caretus Clement D3calconat		Dream
Elevent D3 decione realmible		
Element D2 e D3 millions Element D2 e D3 millions	9	10 3
Element sold reductive	P	
Element solid e D3 auto casico		

Definizione delle combinazioni

Per definire le combinazioni di calcolo si deve utilizzare il comando **Dati di carico ► Combinazioni**. In questo modo si apre la *Tabella delle combinazioni*.

Dati di carico - Combinazioni

Il programma consente di generare automaticamente le combinazioni di calcolo come previste dal D.M. 2008. Per sfruttare gli automatismi è necessario usare il comando *Impostazioni generali* che tramite una procedura guidata in quattro passi permette di impostare i coefficienti e le regole per combinare i carichi agenti sulla struttura. Al termine di questa procedura si generano le combinazioni, trattandosi di una verifica di resistenza al fuoco, è necessario usare i comandi in figura:



Si ottengono in questo modo le seguenti combinazioni di calcolo:

t combinedioni				
interesting and the second	1			
-	1			
LC2 LC2 30 1.34 30 1.34 30 1.34 30 1.34 30 1.34 30 1.34 30 1.34 30 1.34 30 1.34 30 1.34 30 1.34	UC-3 800 1.53 800 1.59 800			
Revor	Generations and Important	cates reposed	Append	Approx 2
evists	81.0 mil.	ALC NR	1. amounte	
Scieffe	SL annos	SLE ben	200	
	1.000	Concerning of the second		
	continuedoni incontin	Instruction Instruction	Incontinuedowi Incontinuedowi	Increase Increase Increase Increase

Esecuzione delle analisi, della progettazione e delle verifiche

Esecuzione delle analisi

Si lanciano le analisi con l'apposito comando. Al termine diventa disponibile il report all'interno del quale <u>sono</u> riportati i dati della struttura e vengono indicati eventuali problemi od errori nel calcolo.

Progettazione degli elementi strutturali

Una volta definiti i criteri di progetto si può eseguire il progetto e la verifica degli elementi. Bisogna selezionare gli elementi che si intende progettare oppure, se si desidera progettare l'intera struttura, usare il comando *Seleziona tutto*. La progettazione si avvia con il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Stati Limite*.

Esecuzione progettazione	Stati limite
	Tensioni ammissibili
	Verifica schemi armatura
	Verifica edificio <mark>e</mark> sistente
	Verifica resistenza al fuoco

Al termine della progettazione il programma segnala la presenza di eventuali elementi non verificati. Se non si visualizza nessun messaggio, tutte le verifiche sono soddisfatte.

Esecuzione delle verifiche di resistenza al fuoco

Per eseguire le verifiche di resistenza al fuoco è necessario utilizzare il comando **Contesto ► Esecuzione progettazione ► Verifica resistenza al fuoco**.



Controllo dei risultati delle verifiche di resistenza al fuoco

I risultati delle verifiche di resistenza al fuoco possono essere visualizzati mediante il comando apposito che consente di accedere sia ai risultati relativi agli elementi d2 che a quelli relativi agli elementi d3.

In entrambi i casi il primo risultato disponibile è lo *Stato di progetto* che colora di rosso gli elementi non verificati e di ciano quelli verificati.



Sia per gli elementi d2 che per gli elementi d3 sono disponibili i risultati della verifica a pressoflessione che si attivano tramite il comando *Verifica N/M*. La mappa rappresenta il rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime N, M2, M3 quindi se tutti i valori in mappa sono inferiori ad 1 la verifica è superata.



La mappa cromatica dei risultati delle verifiche a taglio si attiva con il comando *Verifica V/T* per gli elementi d2 e *Verifica V* per gli elementi d3. In entrambi i casi si tratta del rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime quindi se i valori sono tutti inferiori ad 1 la verifica è da considerarsi soddisfatta.

Per quanto riguarda gli elementi d2 il programma esegue sia la verifica della biella compressa che dell'armatura trasversale ed in mappa compare la peggiore delle due.

Per quanto riguarda gli elementi d3 il programma esegue la verifica della biella compressa e quella per elementi in calcestruzzo senza armatura specifica a taglio e riporta in mappa la peggiore delle due.



Volendo approfondire è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare su un elemento progettato per accedere alla *Finestra di controllo generale* che consente di visualizzare per ogni sezione dell'elemento d2 o per ogni nodo dell'elemento d3 i risultati delle verifiche ed i risultati parziali.



Generazione della relazione di calcolo

Per la stampa della relazione di calcolo è necessario utilizzare il comando **Contesto ► Relazione di** calcolo. Si accede così alla finestra *Opzioni di stampa* che consente la selezione del programma da utilizzare per la stampa, dei capitoli da stampare, del numero di risultati da riportare, delle immagini da allegare.



Contesto 🗐 Relazione di calcolo

Esempio guidato 9

Modellazione tridimensionale con elementi solidi



Esempio guidato 9 - Modellazione tridimensionale con elementi solidi

In questo esempio si illustra la procedura per la modellazione tridimensionale utilizzando elementi solidi. In particolare verrà realizzata la mesh di una torre che presenta aperture nelle pareti. Per maggiori approfondimenti sulla modellazione di strutture si rimanda al videocorsi disponibili all'indirizzo internet www.2si.it/video.php

Apertura dell'esempio

Per aprire l'esempio è necessario utilizzare i seguenti comandi:

Start ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esempi ► PRO_SAP – Cartella Esempi ► Esempio9.psp

Se invece si desidera eseguire la modellazione della struttura da zero, aprire una nuova sessione di PRO_SAP e seguire le indicazioni dei punti successivi.

Modellazione della struttura

Si intende modellare un edificio storico: una torre esistente in muratura. Vengono utilizzati gli elementi tipo solido (in letteratura definiti anche con il termine inglese brick) che sono caratterizzati da un minimo di quattro fino ad un massimo di otto nodi e possiedono solo tre gradi di libertà per nodo: traslazione X, traslazione Y e traslazione Z. Possono essere definiti con materiale isotropo e la rigidezza dell'elemento è formulata anche con modi incompatibili. Con questo tipo di elementi si è in grado di interpretare uno stato tensionale tridimensionale.

Geometria

La struttura da analizzare ha le caratteristiche geometriche presentate nelle figure seguenti (immagini non in scala):



In alto a sinistra la sezione trasversale, in basso a sinistra un particolare relativo ad un apertura, a destra il prospetto in vista Y-.


Setta -Setta riferimento Solidi.

Le caratteristiche per modellare gli elementi sono quelle indicate in figura seguente:

peposta propreta di meninento sondo	- <u>N</u>
20 1 of all 3 - 1 10	
🗐 Generalita	
Materiale	[30] muratura E = 1.500e+04 Muratura in pietre a spacco
Criterio di progetto	(1) Criterio di progetto DM08
Layer	Layer D
Interazione terreno	
Fondazione (faccia inferiore)	
Klam, vert	0.0 [dsM/mtd]]
Kterneric	0.0 [daN/on2]

Generazione dei nodi e della mesh tridimensionale

Si inizia la modellazione partendo dal prospetto X. Per poter generare la mesh di elementi tipo solido è necessario definire i nodi che determinano le estremità della mesh. Utilizzando il comando **Nodi ► Nodo** singolo è necessario definire quattro nodi come nelle immagini seguenti:



x nodo= 160.0	ds node- 0 0	x nodo= 200.0	da mode = [0.0
y nodo=	dy node- 0.0	y nodo- [-160.0	dr nodo- la p
z nodo- 🔟	dz node- 000	z nodo+ 0.0	dz. nodo- (0.0
ок	Esci	ок	Esci
nera nodo singolo	[a [iii] X	genera nodo singolo	
* nodo= 200.0	dx nado= 0.0	* nodo= 160.0	dx noda= 0.0
y nodo- 160.0	dy node- 0.0	y nodo- 160.0	dy nedo- 0.0
0.0] - oben s	dz nado- 0.0	0.00 - 0000 s	dz nodo- 0.0

Una volta generati i quattro nodi a quota z = 0 è necessario generarne altri quattro a quota z = 200 cm con il comando Copia e trasla. Si selezionano i quattro nodi appena generati, si clicca su Copia e trasla e si definisce un vettore come rappresentato in figura:

x nodo ini = 160.0	y nodo ini- -200.0	z nodo ini= [0.0
c nodo fin - 160.0	y nedo fin- 200.0	2 node fin- 200

Una volta definiti i nodi è possibile utilizzare il generatore di mesh di elementi solidi di PRO_SAP che si attiva con il comando d3 ► Mesh Solidi 🙀 Mesh Solidi

Per generare la mesh è necessario cliccare su tutti gli 8 nodi generati in precedenza ed impostare il numero di suddivisioni nelle tre direzioni come indicato nella figura seguente:



Si ottiene questo risultato:

Station



Per creare l'apertura si ricorre ad uno dei generatori automatici di PRO_SAP, quello di aperture per fare in modo che il programma crei automaticamente la finestra. Il generatore si attiva con il comando *Genera* ► *Aperture in muro*.



Apertura in muro

Prima di procedere è necessario creare alcuni nodi a quota z = 360 cm utilizzando il comando *Copia e trasla*:



Una volta copiati questi nodi si può aprire il generatore di aperture e generare l'apertura come indicato nelle figure seguenti:



Si ottiene il risultato presentato in figura:



Si può completare la mesh con il comando *Mesh solidi* sfruttando gli altri nodi modellati a quota z = 360 come illustrato nelle figure seguenti:



Si completa la modellazione della parete con il comando *Mesh solidi*. Prima di tutto con il comando *Copia e trasla* si crea una copia dei nodi degli spigoli ad altezza z = 760 cm z = 920 cm e Z = 1120 e successivamente si ricorre ancora al comando *Mesh solidi*:



Dato che la struttura gode di una simmetria rispetto all'asse Y è possibile modellare la parete opposta a quella appena disegnata sfruttando il comando *Copia e specchia*.

Si devono selezionare tutti gli elementi strutturali modellati utilizzando il comando *Seleziona tutto*, successivamente si attiva *Copia e specchia*. Il piano di specchiatura viene individuato definendo il vettore normale ad esso, quindi per specchiare la figura rispetto al piano YZ occorre definire il vettore come riportato nella figura seguente:

0.0 = m obon x	y nodu ini = 0.0	z nodo tri= 0.0
chode in- 505	y node fin- [0	z nodo fin- 10.0

In questo modo si ottiene questo risultato:

Per ottenere le pareti Y+ ed Y- si procede in maniera analoga a quanto visto finora. Si modella prima la parete Y+ che è più semplice perché ha <u>una s</u>ola apertura.

È indispensabile che le pareti ortogonali abbiano i nodi coincidenti, altrimenti la modellazione non è corretta. Per assicurarsi di non commettere errori si procede modellando per parti la mesh che compone la parete Y+.

Per lavorare più comodamente si passa alla vista assonometrica 3 con il comando *Vista*. Si selezionano i nodi all'estremità delle due pareti X e si usa il comando *Copia e trasla* per creare i nodi di base della mesh.





Utilizzando il comando *Mesh solidi* come visto in precedenza si procede a generare la mesh:



Per lavorare più agevolmente ed identificare meglio i nodi necessari a definire la mesh può essere utile nascondere alcuni elementi modellati in precedenza.

Una volta completata la modellazione della parete si crea la parete Y- tramite il comando *Copia e specchia*. La porta che distingue la parete Y+ da quella Y- viene realizzata semplicemente selezionando e cancellando gli elementi solido superflui.



Capitolo 3

Introduzione dati: gestione degli archivi Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle opzioni per la gestione degli archivi nel contesto di Introduzione dei dati della struttura. Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Gestione degli archivi
- Importazione degli archivi
- Eliminazione degli archivi
- Gestione dell'archivio delle sezioni La cartella Sezioni generiche La cartella Sezione assegnata con dati La cartella Profili semplici La cartella Profili accoppiati La cartella Dati sezione La cartella Armatura trasversale La cartella Armatura longitudinale La cartella Soletta cls La cartella Progetto acciaio La cartella Verifica acciaio
- Utilizzo di Section Maker
- Gestione dell'archivio dei materiali Materiale cemento armato Materiale acciaio Materiale muratura Materiale legno Materiale generico
- Gestione dell'archivio delle fondazioni Fondazioni superficiali Fondazioni su pali Utilizzo del Modulo geotecnico
- Gestione della tabella fili fissi
- Gestione dell'archivio carichi Solai e Coperture
- Gestione dell'archivio isolatori
- Gestione dell'archivio Pannelli XLAM
- Gestione dell'archivio Interventi di consolidamento Rinforzi di travi e pilastri con camicie in acciaio Rinforzi FRP cemento armato Rinforzi FRP muratura

Gestione degli archivi

La realizzazione del modello di una struttura in PRO_SAP prevede, nella fase di introduzione dati, la definizione di archivi che contengono alcune delle proprietà geometriche, meccaniche e di carico di nodi ed elementi, in particolare potranno essere definiti:

- > Archivio dei criteri di progetto. (Vedere il capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali).
- > Archivio delle sezioni.
- > Archivio dei materiali.
- > Archivio delle fondazioni.
- > Tabella dei fili fissi.
- > Archivio carichi Solai e coperture.
- Archivio isolatori
- Archivio pannelli XLAM
- > Archivio interventi di consolidamento

Importazione degli archivi

E' possibile importare gli archivi da un file esistente utilizzando il comando 🎕 Dati struttura 🕨 Importa dati

Cliccando sul comando *Importa Dati* si apre la finestra *Apri* che permette di selezionare il percorso del file in formato **psp* da cui si desidera importare l'archivio. Nel modello verranno importati solo gli archivi di un file realizzato in precedenza e non verrà modificata la geometria.

Eseguendo questo comando l'archivio del modello corrente viene sostituito da quello presente nel modello di importazione, pertanto le personalizzazioni effettuate in precedenza dall'utente all'interno del modello corrente verranno sovrascritte; si consiglia dunque di importare prima l'archivio e poi effettuare le eventuali modifiche.

Eliminazione degli archivi

Dal contesto *Introduzione dati* è possibile rimuovere gli archivi definiti, ma che non sono stati utilizzati all'interno del modello corrente, attraverso il comando

🕸 Dati struttura 🕨 Rimuovi archivi inutilizzati.

Dalla finestra *Rimuovi archivi inutilizzati* è possibile selezionare gli archivi da rimuovere. Premendo il pulsante OK tutti gli archivi selezionati verranno rimossi e sostituiti automaticamente con posizioni vuote.

Gestione dell'archivio delle sezioni

L'assegnazione delle caratteristiche geometriche e delle informazioni utili per la progettazione, relative ad una sezione si effettua con i seguenti comandi:

🖏 Dati struttura 🕨 Sezioni

che consente di accedere alla *Tabella delle sezioni* attraverso la quale è possibile selezionare la tipologia della sezione ed inserire/modificare i parametri geometrici e di progetto.

La Tabella delle sezioni contiene le seguenti cartelle:

- Sezioni generiche;
- Profili semplici;
- Profili accoppiati;
- Dati sezione;
- Armatura trasversale (solo per sezioni in c.a.);
- Armatura longitudinale (solo per sezioni in c.a.);
- Progetto acciaio (solo per sezioni in acciaio);
- Verifica acciaio (solo per sezioni in acciaio);
- Soletta cls (solo per sezioni in acciaio)

Inoltre sono presenti:

 La cornice di testo contenente la descrizione della sezione corrente dell'archivio; questa stringa può essere personalizzata in fase di definizione della geometria;



Rimuovi archivi inutilizzati X
🗖 Sezioni
🗖 Materiali
🗖 Fondazioni
🗖 Isolatori
🥅 Fili fissi
🗖 Archivio di carico (solai e coperture)
🗖 Carichi generici
🗖 Criteri di progetto
OK Annulla
NOTA: gli archivi rimossi saranno sostituiti da archivi non definiti

• La cornice di immagine contenente una rappresentazione in proporzione della sezione corrente dell'archivio, comprensiva degli assi di riferimento e (per le sezioni in cemento armato) delle armature longitudinali e trasversali le quali possono essere impostate e/o modificate all'interno delle cartelle *Armatura trasversale* e *Armatura longitudinale*.

Le sezioni vengono rappresentate con colorazione grigia per elementi in cemento armato, con colorazione blu per elementi in acciaio e con colorazione marrone per elementi in legno.

I tasti:

Copia Permette di copiare le caratteristiche definite nella sezione corrente;
Incolla Permette di assegnare alla sezione corrente le caratteristiche copiate;
Annulla Permette di annullare l'operazione eseguita;
Esci Permette di chiudere dall'archivio delle sezioni;
Applica Permette di inserire la sezione definito nell'archivio sezioni,

• Il contatore delle sezioni dell'archivio; per inserire una nuova sezione è necessario avanzare il contatore di una unità.

La cartella Sezioni generiche

In questa cartella sono riportate 20 sezioni di tipo generico ad input facilitato utilizzabili sia per la modellazione di elementi in c.a. che in acciaio, se non contenute negli appositi profilari.

Le sezioni generiche possono essere utilizzate per travi e pilastri, secondo quanto indicato di seguito:

	ELEMENTI TRAVE IN C.A. / ACCIAIO						
	SEZIONE	ANALISI	PROGETTO C.A.	PROGETTO ACCIAIO	DISEGNO C.A.		
	Sezione rettangolare	SI	SI	SI	SI		
	Sezione a T	SI	SI	SI	SI		
	Sezione a T rovescia	SI	SI	SI	SI		
	Sezione a T di colmo	SI	SI (Solo ferri di vertice)	SI	SI (NO sez. trasversali)		
7	Sezione ad L	SI	SI	SI	SI		
	Sezione ad L specchiata	SI	SI	SI	SI		
	Sezione ad L specchiata rovescia	SI	SI	SI	SI		
1	Sezione ad L rovescia	SI	SI	SI	SI		
\$	Sezione ad L di colmo	SI	SI (Solo ferri di vertice)	SI	SI (NO sez. trasversali)		
	Sezione doppio T	SI	SI	SI	SI		
P	Sezione a quattro specchiata	SI	SI	SI	NO		
	Sezione a quattro	SI	SI	SI	NO		
	Sezione ad U	SI	SI	SI	NO		
Ū.	Sezione a C	SI	SI	SI	NO		
	Sezione a croce	SI	SI	SI	NO		
	Sezione circolare	SI	NO	SI	NO		
	Sezione poligonale	SI	NO	SI	NO		
	Sezione rettangolare cava	SI	SI	SI	NO		

	Sezione circolare cava	SI	NO	SI	NO
E	Sezione poligonale cava	SI	NO	SI	NO
a,jx.	Sezione assegnata con dati	SI	NO	SI	NO
		ELEME	NTI PILASTRO IN C.A.	/ ACCIAIO	
	SEZIONE	ANALISI	PROGETTO C.A.	PROGETTOACCIAIO	DISEGNO C.A.
	Sezione rettangolare	SI	SI	SI	SI
	Sezione a T	SI	SI	SI	SI
	Sezione a T rovescia	SI	SI	SI	SI
	Sezione a T di colmo	SI	SI (Solo ferri di vertice)	SI	NO
	Sezione ad L	SI	SI	SI	SI
	Sezione ad L specchiata	SI	SI	SI	SI
	Sezione ad L specchiata rovescia	SI	SI	SI	SI
	Sezione ad L rovescia	SI	SI	SI	SI
	Sezione ad L di colmo	SI	SI (Solo ferri di vertice)	SI	NO
	Sezione doppio T	SI	SI	SI	SI
	Sezione a quattro specchiata	SI	SI	SI	NO
A	Sezione a quattro	SI	SI	SI	NO
	Sezione ad U	SI	SI	SI	NO
1	Sezione a C	SI	SI	SI	NO
	Sezione a croce	SI	SI	SI	NO
	Sezione circolare	SI	SI	SI	SI
	Sezione poligonale	SI	SI (Solo ferri di vertice)	SI	NO
	Sezione rettangolare cava	SI	SI	SI	SI
	Sezione circolare cava	SI	SI	SI	SI
F	Sezione poligonale cava	SI	SI (Solo ferri di vertice)	SI	NO
a,jx.	Sezione assegnata con dati	SI	NO	SI	NO

Facendo doppio clic sulla sezione generica di interesse, viene visualizzata la relativa finestra per la definizione della geometria della sezione, in questa fase è possibile assegnare una stringa identificativa alla sezione.

Per tutte le sezioni ad input facilitato compare la usuale finestra di inserimento dati che consente di assegnare la geometria della sezione facendo riferimento alla figura visualizata.

La Cartella Sezione assegnata con dati

Nella cartella *Sezioni generiche* è presente anche la *Sezione assegnata con dati*, che permette la modellazione di sezioni utilizzando una delle seguenti metodologie:

- Usa tabella Inserimento diretto dei parametri geometrici e inerziali;
- Profili semplici Utilizzo diretto dei profili semplici contenuti all'interno dell'archivio;

• *Nuovi profili semplici* Creazione di un nuovo profilo semplice all'interno di una delle categorie dell'archivio, una volta definito il nuovo profilo potrà essere utilizzato attraverso il comando *Profili semplici*;

• Profili composti Utilizzo diretto dei profili composti contenuti nell'archivio;

• *Nuovi profili composti* Creazione di un nuovo profilo semplice all'interno di una delle categorie *d*ell'archivio, una volta definito il nuovo profilo potrà essere utilizzato attraverso il comando *Profili composti;*

• *Profili utente* Creazione di un profilo utente mediante l'utilizzo dei comandi contenuti nella finestra di modellazione del profilo (modellazione mediante coordinate oppure mediante l'utilizzo di un file di disegno);

• Sezioni miste Utilizzo di una sezione mista contenuta nell'archivio.

Inserimento diretto dei parametri geometrici

Per l'inserimento delle caratteristiche geometriche della sezione cliccare all'interno della cartella Sezioni generiche sul comando Sezione assegnata con dati, poi Usa tabella.



Nella cartella dati sezione è possibile specificare direttamente le caratteristiche geometriche della sezione da utilizzare.

A 299.402 J.2.2 44225.919 J.3.3 25249.479 A V2 0.0 W3.3 2135.218 W.3.3 2437.457 A V3 0.0 Wb 2.2 3383.239 Wb 3.3 2437.457 & 0.0 Wb 3.3 Wb 3.3 2437.457 & 0.0 Wb 3.3 Wb 3	Sectors gener Dati sectore 1	cha Pr Progetto acc	olit sampled sialo Veith	Prei	Mi wccoppiwli 5 Soletta cio		
A V2 0.0 W 2-2 2135218 W 3-3 2437.457 A V3 0.0 Wp 2-2 3383239 Wp 3-3 2443.433 & 550.859 Atesza 24.0 Base 45.2 VR A 100 VR H 100 Atese 0.0 24.0 0.0 Copia	A 299.402	J2-2	48255 919	J33	29249.479		
A V3 0 0 Wb 2-2 0383.239 Wb 3-3 2843.433 # 050.859 Aberzo 24.0 Base 45.2 KR A 100 %R Jt 100 Afepr 0.0 	A V2 0.0	W 2-2	2135 218	W33	2437.457		
A 050.859 Allerze 24.0 Base 45.2 SRA 100 SR Jt 100 Allerer 0.0 2001 in second later 12.3 0.0 Copia	A V3 00	Wp 2-2	3383.239	Wp 3-3	2843.433		
XRA T00 XR Jt T00 Affair D0 Availation J.2.3 D0	£ 550.859	Merzo	24.0	Base	45.2		
Availationessing at Local July 100 Copia	KRA 100	14 R.#	100	Allapr	0.0	1 1	7
	3AU	oesora d	Cited -	J ^{J23}	joo Unitikiman	Copia	E

Utilizzo diretto dei profili semplici contenuti nell'archivio

Per utilizzare un profilo contenuto nell'archivio, è

necessario attivare il comando **Profili** semplici che consente di accedere alla finestra *Editor profilati semplici* che contiene l'archivio dei profili semplici.

Per utilizzare uno dei profili contenuti nella tabella, è sufficiente fare Click sul nome del profilo, per entrare nella struttura delle sottocartelle e selezionare il profilo di interesse. Per attivare il comando **OK** è necessario selezionare la dimensione di interesse fino all'ultima sottocartella proposta. Per confermare la scelta è sufficiente premere il tasto **OK** e quindi **Applica**.

Creazione di un nuovo profilo semplice

Per definire e inserire nell'archivio un nuovo profilo semplice è necessario eseguire il

comando **Nuovi profili semplici** che consente di accedere alla finestra *Editor profilati semplici.*

Per inserire un nuovo profilo è sufficiente eseguire le seguenti operazioni all'interno della finestra *Editor profilati semplici*:

1. Fare Click con il tasto destro del mouse sul

comando **Aggiunge un profilato del** tipo specificato (Ins) e selezionare la tipologia di profilo da inserire;

- Introdurre i valori dei parametri dimensionali nelle caselle della cornice *Dati geometrici* e premere il tasto *Applica*;
- Nella finestra grafica è riportata l'immagine della sezione del profilo;
- 4. Il programma assegna in automatico un nome alla sezione creata;
- Premere il tasto *Ok*, all'uscita dalla finestra, la sezione è ora disponibile nell'archivio dei profili semplici.

Utilizzo diretto dei profili composti contenuti nell'archivio

Per utilizzare un profilo contenuto nell'archivio, è necessario

attivare il comando **Profili composti** che consente di accedere alla finestra *Editor profilati composti* che contiene l'archivio dei profili composti.

Per utilizzare uno dei profili contenuti nella tabella, è sufficiente fare Click sul nome del profilo, per entrare nella struttura delle sotto-cartelle e selezionare il profilo di interesse. Per attivare il comando OK è necessario selezionare la dimensione di interesse fino all'ultima sotto-cartella proposta.

Per confermare la scelta è sufficiente premere il tasto **OK** e quindi **Applica**.





Creazione di un nuovo profilo composto

Per definire e inserire nell'archivio dei profili composti un nuovo

profilo è necessario eseguire il comando **Nuovi profili** composti che consente di accedere alla finestra Editor profilati composti.

Per inserire un nuovo profilo è sufficiente eseguire le seguenti operazioni all'interno della finestra *Editor profilati composti*:

Fare Click con il tasto sinistro del mouse sul comando
 ▲ Aggiunge un profilato del tipo specificato (Ins) e

selezionare la tipologia di profilo composto da inserire;

- Introdurre i valori dei parametri dimensionali nelle caselle della cornice *Dati* e premere il tasto *Applica*;
- 3. Nella finestra geometrica è riportata l'immagine della sezione del profilo composto;
- 4. Assegnare il nome del profilo nella casella di testo Nome;
- 5. Premere il tasto **Ok**, all'uscita dalla finestra la sezione è disponibile nell'archivio dei profili composti.

Creazione di un profilo utente

Il comando **Profili utente** consente di accedere al modulo Section Maker per l'introduzione dei profili utente.

Le metodologie operative per l'inserimento di una sezione sono le seguenti:

- Creazione mediante i comandi di disegno contenuti nella finestra;
- Creazione mediante l'importazione di un disegno.

Il file DXF deve contenere una poligonale chiusa e deve essere salvato in formato AutoCAD 2000.

All'interno della cartella Sezioni generiche cliccare sul comando Sezione assegnata con dati, poi Profili utente.

In automatico si aprirà il modulo *Section maker* dal quale è possibile importare la sezione creata precedentemente in formato *DXF*.

Per importare la sezione eseguire le seguenti operazioni:

- 1) Cliccare su Comandi presente nella barra superiore del modulo Section Maker;
- 2) Dal menu a tendina selezionare l'opzione Importa da file DXF;
- 3) Selezionare il percorso del file da importare;
- 4) Cliccare su Apri.

Salvare la nuova sezione attraverso il comando *File* \rightarrow *Salva con nome* e uscire dal modulo *Section Maker* premendo il tasto X.

La sezione è ora disponibile all'interno dell'archivo e la si può assegnare ad aste, travi e pilastri.



LEBEFBRIFE I+AAOOZF SVZ #	PROPERTY SCIENCE
Potenzychickersel Pariti Pariti <td< th=""><th>A di da cari ante da caria di di da cari ante da caria di di da cari ante da caria di di di di di ante da caria di di di di di di di ante da caria di di di di di di di di di di di cari di di di di di di di di di di di cari di di di di di di di di di di cari di di di di di di di di di di di cari di</th></td<>	A di da cari ante da caria di di da cari ante da caria di di da cari ante da caria di di di di di ante da caria di di di di di di di ante da caria di di di di di di di di di di di cari di di di di di di di di di di di cari di di di di di di di di di di cari di di di di di di di di di di di cari di

<u>PRO_SAP classifica tutte le sezioni che derivano da DXF come di "classe 4", nella tabella Verifica acciaio è possibile personalizzare la scelta ed assegnare, ad esempio, "classe 3".</u>



Per la descrizione dei comandi di Section Maker, vedere il paragrafo *Utilizzo di Section Maker* contenuto nel presente capitolo.

Utilizzo di una sezione mista contenuta nell'archivio

Il comando **Sezioni miste** consente di accedere alla finestra Sezione mista di Section Maker per la definizione della sezione acciaio-calcestruzzo di interesse.

Agli elementi D2 a cui vengono assegnate le sezioni miste è necessario assegnare un materiale speciale: bisogna realizzare, nell'archivio dei materiali, un materiale di tipo acciaio con un peso specifico modificato in base a quanto suggerito dal programma.

Ad esempio, se nel nome della sezione viene indicato: *"usa acciaio con w = 150.0%"* è necessario realizzare un materiale di tipo acciaio con peso specifico 0.0117 daN/cm^3 anziché 0.0078 daN/cm^3 .

La versione attuale di PRO_SAP non effettua la progettazione di sezioni miste. Utilizzare questa tipologia di sezioni solamente per il calcolo delle caratteristiche inerziali.

La cartella Profili semplici

In questa cartella sono riportate 10 tipologie differenti di profili unificati in acciaio.

Facendo doppio Click sul tasto di interesse, viene visualizzato l'archivio dei profili relativo alla tipologia selezionata; la scelta del profilo avviene semplicemente individuando il profilo di interesse nell'archivio e facendo doppio Click con il mouse sulla relativa riga di testo.



Tabella delle sezioni	x
Dati sezione Progetto acciaio Verifica acciaio Soletta cls Sezioni generiche Profili semplici Profili accopiati IPE IPN HE W H LU LD UPN IDE IPN HE W H LU LD UPN TUB TUB TUB IP IP IP IP IP	
	Copia Incolla
	Annulla Esci
IPE 200	Applica 1

Selezionando il profilo di interesse è possibile visualizzare i relativi parametri geometrici.

La cartella Profili accoppiati

In questa cartella sono riportate 13 differenti tipologie di accoppiamento di profili unificati in acciaio, secondo le metodologie comunemente utilizzate nella carpenteria metallica.

Tabella delle sezioni

Sono riportate, inoltre, 4 tipologie di sezioni circolari con asole di vario tipo.

Le tipologie di accoppiamento sono quelle riportate in figura.

Per inserire nell'archivio una sezione accoppiata eseguire i seguenti comandi:

- 1. Attivare la cartella *Profili* accoppiati della *Tabella delle sezioni;*
- 2. Fare doppio Click con il mouse sul profilo accoppiato di interesse;
- Nella finestra che viene visualizzata fare Click con il mouse sul profilo semplice che si desidera accoppiare;
- 4. Inserire nelle relative caselle i seguenti parametri:
- Dati sezione | Progetto acciaio | Verifica acciaio | Soletta cls Sezioni generiche Profili semplici Profili accoppiati A 49 N. 2LF 2LDC 2LDL 4LC 4LO 2UPN 2UPN 2L J. 0 0 M the second AR. AR. 2IPF 2IPN 2HE 2W 2H T as... Tas Tas90 8 Copia T as Annulla Esci 2 LU 20x3 affiancati a dist.=10.00 Applica +
- Il valore della *distanza di accoppiamento (mm)* che rappresenta lo spessore della piastra, oppure nel caso di profili tipo IPE, HE, 2UPN, 4LO, la larghezza totale del profilo composto;
- Il valore dell'*Interasse calastrelli/imbott.* che rappresenta la distanza tra gli elementi di collegamento dei due profili; nel caso di valore nullo, il programma impone automaticamente il valore massimo richiesto dalla norma tale da poter condurre le verifiche come asta semplice (*tabella C4.2.III della circolare n°617 del 2 Febbraio 2009*);
- La dimensione dei calestrelli/imbott. che rappresenta la dimensione degli elementi di collegamento;
- Lo spessore degli elementi di collegamento; Premere il tasto **OK**:
- 5. Modificare, se necessario, il nome della sezione;
- 6. Premere il tasto Applica nella Tabella delle sezioni.

La cartella Dati sezione

Questa cartella permette di visualizzare/modificare i parametri di resistenza della sezione corrente dell'archivio.

Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

- **Area** Area della sezione [cm²];
- J2-2 Momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2 [cm⁴];
- **J3-3** Momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3 [cm⁴];
- **AV2** Area della sezione/fattore di taglio per il taglio in direzione 2 [cm²];
- **AV3** Area della sezione/fattore di taglio per il taglio in direzione 3 [cm²];

Questi parametri permettono di tenere conto della deformabilità a taglio della sezione; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata.

- W 2-2 Modulo di resistenza riferito all'asse 2 [cm³];
- W 3-3 Modulo di resistenza riferito all'asse 3 [cm³];
- Wp 2-2 Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2 [cm³];
- Wp 3-3 Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3 [cm³];
- Jt Fattore torsionale di rigidezza [cm⁴], permette di assegnare la rigidezza torsionale della sezione;
- Altezza Altezza della sezione [cm];
- Base Base della sezione corrente [cm];

I due valori sopra definiti consentono di rappresentare in modalità solida la *Sezione assegnata con Dati*, mediante una sezione rettangolare equivalente di *Base* e *Altezza* assegnata.



- **%RA** Area ridotta della sezione, espressa in percentuale, per la determinazione delle sollecitazioni (fissando ad esempio un valore 90 verrà considerato un valore di area di calcolo pari a 0.9*Area);
- %*RJt* Fattore torsionale di rigidezza ridotto della sezione, espresso in percentuale, per la determinazione delle sollecitazioni (fissando ad esempio un valore 70 verrà considerato un valore Jt di calcolo pari a 0.7*Jt);
- **Analisi resistenza al fuoco** Permette di definire i parametri per l'analisi della resistenza al fuoco delle sezioni.

I dati riportati sopra vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali.

La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico:

- I valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 3.
- I valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 2.

Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 3 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilatari.

Nei pilastri il lato B, di default, viene posizionato con direzione parallela all'asse y.

La cartella Armatura trasversale

Questa cartella permette di visualizzare le caselle dati per l'inserimento e/o la modifica dei parametri geometrici e delle informazioni utili, per la progettazione dell'armatura trasversale della sezione in cemento armato corrente.

Parametri relativi alla staffatura e ai copriferri:

• *d* (*mm*) Diametro minimo delle staffe impiegato nella progettazione;

La prima colonna fa riferimento all'elemento D2, la seconda colonna alle armature trasversali nei nodi.

 n. bracci 2 (e 3) Numero di bracci impiegato nella progettazione delle staffe nella direzione 2 (asse verde, verticale nell'anteprima della sezione) o nella direzione 3 (asse blu, orizzontale nell'anteprima della sezione);

La prima colonna fa riferimento all'elemento D2, la seconda colonna alle armature trasversali nei nodi.



- cpf laterale Copriferro laterale;
- cpf verticale inf. Copriferro verticale inferiore della sezione della trave.
- cpf verticale sup. Copriferro verticale superiore della sezione della trave.

Il copriferro è la distanza tra la superficie esterna della staffa e la superficie esterna del calcestruzzo.



Parametri per il calcolo delle tensioni tangenziali dovute al taglio in direzione 2 e 3:

- *bw2* Larghezza della sezione assunta per il taglio 2;
- d2 Altezza della sezione assunta per il taglio 2;
- *bw3* Larghezza della sezione assunta per il taglio 3;
- *d3* Altezza della sezione assunta per il taglio 3.

Parametri per il calcolo delle tensioni tangenziali dovute alla torsione:

- *Wt2* Modulo di resistenza alla torsione per calcolare la tensione tangenziale da sommare a quella di taglio in direzione 2;
- *Wt3* Modulo di resistenza alla torsione per calcolare la tensione tangenziale da sommare a quella di taglio in direzione 3;
- *Ak* Area racchiusa dall'armatura trasversale;
- uk Perimetro dell'armatura trasversale;
- t,ef Spessore efficace della zona resistente.

La cartella Armatura longitudinale

Questa cartella consente l'introduzione, la modifica dei parametri di resistenza e delle informazioni utili per la progettazione dell'armatura longitudinale della sezione in cemento armato corrente dell'archivio.

I dati riportati si applicano a tutte le sezioni, ad esclusione delle sezioni poligonali per cui è attivo solamente il comando per la gestione dei ferri di vertice.

Per ogni sezione vengono riportati, in tabella, i parametri necessari alla gestione delle armature di vertice e di lato.

Nei **pilastri** l'armatura definita viene utilizzata dal programma come armatura minima sempre presente. Nelle **travi** l'armatura definita viene utilizzata dal programma come armatura minima solo se l'opzione *Usa armatura teorica* all'interno del *Criterio di progetto* non è attiva, viceversa verrà disposta nella sezione della trave l'area di armatura longitudinale teorica derivante dai minimi percentuali e dalla progettazione in base alle sollecitazioni agenti.

Distribuzione armatura:

- max interasse L1 Interasse massimo dei ferri disposti lungo i lati L1; Per sezioni circolari e circolari cave, questo parametro regola l'interasse massimo dei ferri disposti lungo il bordo esterno. (si indica con L1 i lati della sezione paralleli alla linea blu)
- interferro minimo L1 Distanza minima dei ferri disposti lungo i lati L1; Per sezioni circolari e circolari cave, questo parametro regola la distanza minima dei ferri disposti lungo il bordo esterno.
- max interasse L2 Interasse massimo dei ferri disposti lungo i lati L2; Per sezioni circolari cave, questo parametro regola l'interasse massimo dei ferri disposti lungo il bordo interno. (si indica con L1 i lati della sezione paralleli alla linea verde).
- *interferro minimo L2* Distanza minima dei ferri disposti lungo i lati L2; Per *sezioni circolari cave*, questo parametro regola l'interasse minimo dei ferri disposti lungo il bordo interno.
- *n. ferri distribuiti su L1* Numero ferri da disporre lungo i lati L1; Per *sezioni circolari e circolari cave*, questo parametro regola il numero dei ferri da disporre lungo il bordo esterno.
- *n. ferri distribuiti su L2* Numero ferri da disporre lungo i lati L2; Per *sezioni circolari cave*, questo parametro regola il numero dei ferri da disporre lungo il bordo interno.





Tipologia di trave:

- c.a. tradizionale
- *TTRC a) Composta acciaio cls* Consente di definire una trave TTRC di tipo composta acciaio-cls. Attivando questa opzione sarà possibile assegnare il tipo di fondello (senza fondello/fondello in c.a./fondello in acciaio).
- *TTRC b) c.a.* Consente di definire una trave TTRC di tipo c.a. Attivando questa opzione sarà possibile assegnare il tipo di fondello (senza fondello/fondello in c.a./fondello in acciaio).
- *TTRC c) ibrida* Consente di definire una trave TTRC di tipo ibrida. Attivando questa opzione sarà possibile assegnare il tipo di fondello (senza fondello/fondello in c.a./fondello in acciaio).

Particolarmente interessante la possibilità, prevista per sezioni in c.a. rettangolari o poligonali di pilastri, di utilizzare più ferri di vertice.

• *n. ferri di vertice (dispari 1,3,5)* Numero di ferri per barre raggruppate da disporre nei vertici della sezione; questo comando consente di disporre un'armatura di vertice con un numero di ferri multiplo del numero introdotto.

Il posizionamento dei ferri ravvicinati è governato dai minimi di interferro. Il controllo dei ferri di lato, interferro ed interasse, avviene in base alla distanze dei ferri di vertice modificate.

Qualora si desideri inserire ferri di lato, questi verranno inseriti con la seguente modalità:

- Definendo l'interasse massimo dei ferri da disporre lungo un lato, il programma inserisce almeno i ferri necessari al rispetto di questo parametro; il numero di ferri inserito può risultare anche superiore a quello definito con il parametro *n. ferri distribuiti su L**, ma non inferiore.
- Definendo il numero dei ferri da disporre lungo i lati, il programma impone il rispetto di questo parametro, se non è stato definito il valore *max interasse L*;* altrimenti impone il parametro più restrittivo.

La cartella Soletta cls

Consente di generare una sezione di tipo misto acciaio-calcestruzzo e verificarla con le CNR 10011.

La soletta di calcestruzzo definita nella cornice "dati soletta" non ha effetto su pesi o rigidezze e viene utilizzata solamente in fase di verifica dell'elemento, per l'introduzione di verifiche aggiuntive.

Per la corretta generazione di un elemento con sezione mista è quindi necessario introdurre nel modello, con elementi setto-piastra, la soletta di calcestruzzo di analoga geometria.

La verifica della sezione mista viene eseguita solamente agli Stati Limite Ultimi.

L'attivazione dell'opzione "soletta cls" fa sì che il programma aggiunga due verifiche in fase di progettazione: la verifica Mu mista e la verifica Vu mista. Le restanti verifiche per l'acciaio rimangono invariate.

Per visualizzare la cartella *Soletta cls* è necessario inserire una sezione di acciaio utilizzando uno dei comandi contenuti nelle seguenti cartelle:

- Profili semplici
- Profili accoppiati
- Sezioni generiche (attivando il comando Usa per acciaio).

La cartella Soletta cls contiene i seguenti dati:

- No Opzione attiva in modo automatico, consente di considerare solamente il profilo metallico (la sezione non è di tipo misto).
- Si per verifiche Opzione che consente di generare una sezione di tipo misto acciaiocalcestruzzo.

Sezioni g	esenonio melote	Profil semplo	Profil accoppied	1	8
Dut sector No del solets H E aff. cpl sup. cpl sup. cpl m/ b aff.	e Progetor 5 10 n Ad 3 00 n Se 3 4 4 10 n Ad 3 4 10 n Ad 10 n	attalio Vent Sperventiche 15 att 15 att 10 0	Constantiation Solette che Constantiatione 3.3 Aggiorne J(+) 1.077 J(+) 0.78 Mu (+) 211.431 Mu (+) 181.256	Copie	Grandes
Unità cen d IPE 400	n4, nomenti (in	dicatvi par na	zelal di defaut) in KNin	Amula	Est

Cornice dati soletta:

- *H* Spessore della soletta di calcestruzzo.
- B eff. Larghezza superiore della soletta di calcestruzzo.
- cpf sup. Copriferro delle armature superiori della soletta di calcestruzzo; il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura e la superficie esterna del calcestruzzo.
- cpf inf. Copriferro delle armature inferiori della soletta di calcestruzzo; il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura e la superficie esterna del calcestruzzo.
- b inf Larghezza della faccia inferiore della soletta di calcestruzzo, a contatto con il profilo di acciaio. Consente di definire la base inferiore di una soletta con sezione a T.
- *n* Af Coefficiente di omogeneizzazione dell'acciaio di armatura della soletta di calcestruzzo.
- N Sez Coefficiente di omogeneizzazione dell'acciaio del profilo.
- Afs min Area minima dell'armatura superiore della soletta di calcestruzzo.
- Afi min Area minima dell'armatura inferiore della soletta di calcestruzzo.
- *h inf* Altezza dell'anima della soletta di calcestruzzo, nel caso di soletta con sezione a T.

Cornice Caratteristiche 2-2:

Riporta le caratteristiche inerziali

- Il comando Aggiorna Consente di aggiornare le proprietà geometriche e inerziali della sezione, in seguito alle modifiche dei valori nella cornice dati soletta.
- *J* (+) Momento di inerzia della sezione nel caso di fibre inferiori tese.
- J (-) Momento di inerzia della sezione nel caso di fibre superiori tese.
- Mu (+) Momento ultimo della sezione nel caso di fibre inferiori tese.
- Mu (-) Momento ultimo della sezione nel caso di fibre superiori tese.



La cartella Progetto acciaio

Questa cartella permette di visualizzare le caselle dati per l'inserimento e/o la modifica dei parametri per la progettazione delle unioni bullonate e per l'attivazione della ricerca automatica del profilo ottimale per la sezione corrente dell'archivio.

Per ogni sezione vengono riportati nella cartella i seguenti dati:

Collegamenti bullonati:

- *Aeff.* Area effettiva della sezione trasversale del profilo.
- *Jr* 2-2 Momento d'inerzia ridotto della sezione riferito all'asse 2.
- *Jr* 3-3 Momento d'inerzia ridotto della sezione riferito all'asse 3.

Tabella delle sezioni		×
Sezioni generiche Profili semplici Profili accoppiati Dati sezione Progetto acciaio Verifica acciaio Soletta cls Sezioni ridotte (collegamenti bullonati) Anet. 0 Jr 2-2 0 Jr 3-3 0 Area asolata Area da adottare per verifica cap. 7.5.5. (Omega_i) con controventi concentrici	_	/
Ricerca profilo ottimale N. ricerche inf. 0 N. ricerche sup. 0 Unità in cm	Copia Annulla	Incolla Esci
HEA 240	Applica	1 🔅

Nel caso in cui si desideri effettuare la verifica del profilo con parametri di resistenza ridotti a causa della presenza dei fori per il collegamento, è possibile introdurre direttamente i valori dell'area della sezione trasversale del profilo e dei momenti di inerzia da impiegare nelle verifiche di resistenza.

Non inserendo alcun valore il programma utilizzerà di default una procedura di tipo iterativa; al termine dell'esecuzione delle verifiche nel nodo di collegamento il modulo PRO_CAD Nodi acciaio suggerirà i valori dell'area efficace e dei momenti di inerzia ridotti da utilizzare.

• Aaso Area asolata, area da adottare per verifica di strutture con controventi concentrici (cap.7.5.5.)

Ricerca profilo ottimale:

- N. ricerche inf. Questo valore viene utilizzato per la ricerca di un profilo analogo a quello corrente ma di dimensioni inferiori (es. se il profilo corrente è un HEA 240 il programma potrà suggerire l'utilizzo di un profilo tipo HEA 220 o HEA 200, qualora si sia posto n = 2).
- *N. ricerche sup.* In analogia a quanto sopra per profili di dimensioni superiori.

La cartella Verifica acciaio

Questa cartella permette di visualizzare le caselle dati per l'inserimento dei parametri utilizzati nelle verifiche di stabilità e per il controllo dei punti di verifica e dei moduli di resistenza della sezione corrente dell'archivio.

Per ogni sezione vengono riportati nella cartella i seguenti dati:

 Classe sezione Consente l'assegnazione della classe di appartenenza della sezione per la definizione della metodologia di progettazione. L'individuazione della classe della sezione può avvenire in maniera automatica oppure essere assegnata dall'utente attraverso il menu a tendina.

labella de	elle sezioni						×
Sezioni Dati sezio Classe se Automati	generiche one Proget zione ca 👻	Profili se to acciaio Valor	mplici F Verifica acc i efficaci	Profili accoppi iaio Soletta Leggi fi	ati acls le	-	7
Profilo sa	Idato 🗔		Impostazioni	avanzate			
Punto	N	V2	V3	T			
1	156.00	67.40	0.0	137.83	5		
2	156.00	0.0	83.60	87.05	C		
3	156.00	0.0	0.0	0.0	- 3	0.1	
4	156.00	0.0	83.60	87.05	5	Соріа	Incolla
<					>	Annulla	Esci
IPE 600						Applica	1 ÷

- Opzione Profilo saldato Consente di individuare automaticamente la curva di instabilità per sezioni saldate (Tabella 4.2.VI del D.M. 2008).
- Cornice dei punti di verifica e dei moduli di resistenza
 - Punto Punto della sezione trasversale in cui viene effettuata la verifica;
 - N Modulo di resistenza assiale nel punto di verifica della sezione;
 - V2 Modulo di resistenza al taglio lungo l'asse locale 2 nel punto di verifica della sezione;
 - V3 Modulo di resistenza al taglio lungo l'asse locale 3 nel punto di verifica della sezione;
 - T Modulo di resistenza alla torsione nel punto di verifica della sezione;
 - M2 Modulo di resistenza a flessione attorno all'asse locale 2 nel punto di verifica della sezione;
 - M3 Modulo di resistenza a flessione attorno all'asse locale 3 nel punto di verifica della sezione;

I punti di verifica sono quelli riportati nella figura seguente.



Il comando *Leggi file* consente di importare i valori dei moduli di resistenza direttamente da un file di testo con estensione .*csv* compatibile con Microsoft Excel.

Valori efficaci

Attraverso il comando Valori efficaci è possibile accedere alla finestra Caratteristiche geometriche e efficaci della sezione all'interno della quale è possibile visualizzare le caratteristiche geometriche efficaci della sezione utilizzate dal programma per effettuare le verifiche qualora la sezione ricada in classe 4 (in fase di verifica al variare delle sollecitazioni e del materiale).

Caratteristiche geometriche e efficaci della sezione X				
Caratteristiche g	jeometriche	Caratteristiche efficaci		
Area	156.0	Areaeff (per compress.)	152.2	
W 2-2	307.9	eN2 (per compress.)	-0.0	spost. baric.
W 3-3	3069.4	eN3 (per compress.)	0.0	spost. baric.
		W 2-2eff per M2 pos	308.5	tesa sn (3-)
W 2-2 sn	307.9	W 2-2eff per M2 neg	308.5	tesa dx (3+)
W 2-2 dx	307.9	W 3-3eff per M3 pos	, 3069.1	tesa inf (2-)
₩ 3-3 inf -	3069.4	W 3-3eff per M3 neg	3069.1	tesa sup (2+)
W 3-3 sup	3069.4	🔽 Usa valori automatic	i in verifica (*)	
note: corrispondenza as	ssi EC3 2=z ; 3=y			
unità di misura (cm indicato	n] salvo dove	valori per fy	235.0	N/mm2
(*) Calcolo e opzio	one disabilitata	🔽 Applica metodo iterativo		
per alcune sezioni accoppiati e tubi t	i generiche, profili ondi	🔽 Utilizza regime tensio	onale effettivo	
			OK	Annulla

La determinazione delle caratteristiche geometriche efficaci può essere sviluppata attraverso i seguenti passaggi:

- identificazione delle componenti tipo anima e tipo ala;
- quantificazione, per ogni componente, della penalizzazione dovuta all'instabilità locale, sulla base della distribuzione degli sforzi nella sezione lorda, mediante il coefficiente ψ;
- determinazione delle caratteristiche geometriche efficaci della sezione inflessa (nuova posizione dell'asse neutro e moduli di resistenza efficaci superiore e inferiore);
- valutazione della nuova distribuzione di tensione normale in funzione delle caratteristiche resistenti efficaci della sezione;
- valutazione degli effetti dell'instabilità locale e conseguente penalizzazione degli elementi sulla base della nuova distribuzione degli sforzi;
- iterazione della procedura fino a convergenza.



Cornice Caratteristiche efficaci

- Areaeff (per compress.) Valore dell'area efficace per sezione soggetta a sforzo di pura compressione;
- eN2 (per compress.) Spostamento del baricentro in direzione Z per sezione soggetta a sforzo di pura compressione;
- eN3 (per compress.) Spostamento del baricentro in direzione Y per sezione soggetta a sforzo di pura compressione;
- *W* 2-2eff per M2 pos Modulo di resistenza efficace per sezione soggetta a flessione semplice attorno all'asse Z, con momento applicato in senso orario;
- *W 2-2eff per M2 neg* Modulo di resistenza efficace per sezione soggetta a flessione semplice attorno all'asse Z, con momento applicato in senso anti-orario;
- W 2-2eff per M3 pos Modulo di resistenza efficace per sezione soggetta a flessione semplice attorno all'asse Y, con momento applicato in senso orario;
- *W 2-2eff per M3 neg* Modulo di resistenza efficace per sezione soggetta a flessione semplice attorno all'asse Y, con momento applicato in senso anti-orario;
- Opzione Applica metodo iterativo Consente di eseguire iterativamente la procedura il calcolo delle caratteristiche efficaci, viceversa verranno utilizzati i valori calcolati in prima iterazione;
- Opzione Usa valori automatici in verifica Consente di utilizzare in fase di verifica i valori calcolati direttamente dal programma, viceversa verranno utilizzati i parametri inseriti manualmente dall'utente.
- Opzione *Usa regime tensionale efficace* Consente di effettuare il calcolo delle caratteristiche geometriche riferendosi all'effettivo stato tensionale agente e non in funzione della tensione di snervamento.

Impostazioni avanzate

Attraverso il comando *Impostazioni avanzate* viene mostrata la classificazione della sezione corrente ed i valori degli sforzi di compressione limite tra le classi 1-2 e 2-3.

Impostazione avanzate per verifica acciaio	×
Classificazione della sezione (indicativa per acciaio S235) N 4 M 2-2 1 M 3-3 1 Profili a I: No	I1 835.2 Ncl 2 1147.5 [kN]
Verifica per elementi compressi Membrature inflesse e compresse - Metodo predefinito C Non effettuare verifiche C Metodo B (circ. 2 febbraio 2009 / Annex B metodo 2 - EN 1993 C Annex A metodo 1 - EN 1993 (sezioni con doppia simmetria) C Metodo A (circ. 2 febbraio 2009)	Curve di instabilità adottate (vedi Nota) inf. a S460 S460 o sup. Chi3-3 Curva a V Curva a0 V Chi2-2 Curva b V Curva a0 V
Nota: 3 - 3 corrisponde a y - y (o u - u) in EC3 2 - 2 corrisponde a x - x	(o v - v) in EC3
Membrature inflesse - calcolo del fattore di riduzione ChiLT C Non effettuare verifiche C UNI EN 1993-1-1 2005 - 6.3.2.2 - NTC 2018 caso generale C UNI EN 1993-1-1 2005 - 6.3.2.3 - NTC 2018 / Circ. 09 (per sez I C UNI EN 1993-1-1 2005 - 6.3.4 Metodo generale	Curva di instabilità adottata ChiLT Curva c 💌
Calcolo del momento Mcr C Non previsto (non richiesto o non disponibile formulazione) Mcr da EC3 ENV 1993-1-1 app. F (profili con simmetria verticale) Mcr da Circ. 2 febbraio 2009 [C.4.2.30] Mcr da bibliografia (UNP e L)	
	OK Annulla

I valori mostrati in questa finestra consentono di mostrare al progettista la classificazione della sezione in funzione del regime di sollecitazione (compressione pura, flessione semplice attorno all'asse 2-2 e flessione semplice attorno all'asse 3-3) per acciaio S235. Tali valori sono puramente indicativi poiché dipendono solamente della geometria della sezione. In fase di verifica, al variare delle sollecitazioni e del materiale, il programma riesegue la classificazione della sezione.

All'interno della stessa finestra è inoltre possibile definire:

- il metodo di verifica per le membrature inflesse e compresse;
- le curve di instabilità da adottare (l'individuazione avviene in automatico da parte del programma, è comunque possibile modificare manualmente la curva di instabilità da adottare);
- la metodologia per il calcolo del fattore di riduzione chiL T;
- la metodologia di calcolo del momento critico.

Creazione e modifica dell'archivio delle sezioni

Durante una nuova sessione di lavoro è possibile utilizzare il prototipo di default o da file contenente l'archivio di sezioni standard o personalizzato, oppure generare ex-novo l'archivio con i seguenti comandi:

- 1. Attivare i comandi:
 - 📽 Dati struttura 🕨 Sezioni Viene visualizzata la Tabella delle sezioni.
- 2. Definire con il contatore il numero di archivio della sezione che si desidera inserire;
- 3. Selezionare la cartella che contiene la tipologia di sezione di interesse;
- 4. Fare doppio Click con il mouse sul tasto della sezione di interesse;
- 5. Viene visualizzata la finestra dati, per l'inserimento delle caratteristiche geometriche della sezione;
- 6. Inserire i dati geometrici della sezione e premere il tasto Ok;
- 7. Effettuare le eventuali modifiche ai parametri riportati nelle cartelle dati e premere il tasto Applica;
- 8. Per inserire una nuova sezione, assegnare il numero di archivio con il contatore e ripetere i comandi definiti in precedenza.

Per la modifica di una sezione dell'archivio:

- 1. Posizionarsi con il contatore sulla sezione dell'archivio che si desidera modificare;
- 2. Fare doppio Click con il mouse sul tasto della sezione di interesse;
- 3. Viene visualizzata la finestra dati, per l'inserimento delle caratteristiche geometriche della sezione; premere il tasto *Ok*;
- 4. Effettuare le eventuali modifiche ai parametri riportati nelle cartelle dati e premere il tasto Applica.

Utilizzo di Section Maker

Il modulo Section Maker consente l'inserimento di sezioni con le seguenti metodologie:

- Creazione mediante i comandi di disegno contenuti nella finestra;
- Creazione mediante l'importazione di un disegno.

La finestra principale di lavoro

La finestra principale di lavoro contiene i seguenti comandi e oggetti:

Barra del titolo La barra del titolo visualizza il nome del programma e il percorso completo del file aperto.

I comandi di menu l comandi di menu riportano i medesimi comandi delle barre degli strumenti.

La finestra grafica principale La finestra grafica principale è un'*area grafica* che occupa la maggior parte dello schermo e consente la composizione grafica della sezione tramite spostamento, rotazione, copia, ecc..

Pannello della geometria Il pannello della geometria, posizionato in basso, visualizza le caratteristiche di ciascun profilato e consente la modifica di alcune di queste.

Le barre degli strumenti Le barre degli strumenti consentono l'attivazione veloce dei comandi.

Barra di stato La barra di stato visualizza le informazioni sulle coordinate e i suggerimenti sul comando corrente.

Pannello della geometria della sezione composta Il pannello della geometria della sezione composta visualizza i parametri geometrici e inerziali della sezione composta; l'aggiornamento dei dati, in seguito ad una modifica della sezione, avviene in tempo reale.

Pannello risultati Il pannello risultati mostra le proprietà geometriche e inerziali del profilo; l'aggiornamento dei dati, in seguito ad una modifica della sezione, avviene in tempo reale.

Entrambi i pannelli possono essere nascosti dalla visualizzazione corrente attraverso il comando *Visualizza* e poi facendo Click sul pannello che si desidera disattivare.



Il comando **Aggiorna centro di taglio e inerzia torsionale** consente il calcolo del centro di taglio e dell'inerzia torsionale della sezione semplice o composta inserita. Nel caso di modifica del profilo inserito, è necessario realizzare il ricalcolo del centro di taglio e dell'inerzia torsionale.

Barra degli strumenti standard



Nuovo Consente di creare una nuova sezione.

Apri Consente la visualizzazione della finestra Apri per l'apertura di un archivio di Sezione Metallica Composta con estensione *smk.

IIII Salva Consente la visualizzazione della finestra Salva con nome per il salvataggio di un archivio di Sezione Metallica Composta con estensione *smk.

Stampa Consente la visualizzazione dell'anteprima di stampa per la stampa della relazione.

Salva il disegno su DXF Consente la visualizzazione della finestra Salva con nome per il salvataggio del disegno in formato *dxf.



Annulla operazione Consente di annullare l'ultima operazione eseguita.

Ripristina operazione Consente di ripristinare l'ultima operazione annullata.

Visualizza l'editor dei profilati semplici Consente di accedere alla finestra Editor profilati semplici che contiene l'archivio dei profili metallici. Per creare l'archivio da visualizzare o modificare è necessario

utilizzare il comando **Le Consente di modificare l'archivio dei profilati semplici**.

Visualizza l'editor dei profilati composti Consente di accedere alla finestra di visualizzazione

dell'archivio dei profili composti. Per creare l'archivio è necessario utilizzare il comando Mi Consente di modificare l'archivio dei profilati composti.

Consente di modificare l'archivio dei profilati semplici Consente di visualizzare la finestra Editor profilati semplici per la modifica dell'archivio dei profili semplici. Il comando consente l'Aggiunta, la modifica e la cancellazione di profili.

П

Consente di modificare l'archivio dei profilati composti Consente di visualizzare la finestra Editor profilati composti per la creazione dell'archivio dei profili composti. Il comando consente l'Aggiunta, la modifica e la cancellazione di profili composti.

Visualizza/nasconde il pannello della geometria Consente di visualizzare e nascondere il pannello della geometria, che contiene le proprietà geometriche del profilo. Il pannello è posizionato nella parte bassa della finestra di lavoro principale.

	~	
-10		-
- 1		-
- 1	1.00	-
	1.1	-
		-

Visualizza/nasconde il pannello dei risultati Consente di visualizzare e nascondere la tabella che contiene i parametri geometrici e inerziali del profilo.

Visualizza dialog opzioni generali Consente la visualizzazione della finestra Opzioni generali per la modifica dei colori della finestra di lavoro e dell'input (vedere il paragrafo La finestra Opzioni generali).

Visualizza dialog opzioni grafiche Consente la visualizzazione della finestra Opzioni grafiche per la definizione e la modifica delle visualizzazioni, della griglia e delle modalità di Snap oggetto (vedere il paragrafo La finestra Opzioni grafiche).

Visualizza dialog opzioni barre degli strumenti Consente la visualizzazione della finestra di gestione delle barre degli strumenti.

La finestra Opzioni barre degli strumenti consente le seguenti operazioni:

- Visualizzazione delle barre mediante le opzioni di attivazione:
- Modifica delle dimensioni delle icone dei comandi scegliendo tra quelle disponibili.



Visualizza argomenti della guida

Barra delle visualizzazioni

Visualizza griglia Consente di visualizzare/nascondere la griglia di base.

Visualizza origine Consente di visualizzare/nascondere, all'interno della finestra grafica principale, gli assi del sistema di riferimento generale, individuati dalle lettere X e Y.

Sistema di riferimento baricentrico Consente di visualizzare/nascondere gli assi del sistema di riferimento baricentrico individuati dalle lettere X' e Y' all'interno della finestra grafica principale.

Sistema di riferimento principale Consente di visualizzare/nascondere gli assi del sistema di riferimento principale individuati dalle lettere X' e Y' all'interno della finestra grafica principale.

Nomi profili Consente di visualizzare/nascondere i nomi dei profili all'interno della finestra grafica principale.

Baricentro della sezione composta Consente di individuare graficamente la posizione del baricentro della sezione composta all'interno della finestra grafica principale.

LG_i Baricentro singoli profili Consente di individuare graficamente, all'interno della finestra grafica principale, la posizione del baricentro dei singoli profili che compongono la sezione composta.

Punti di riferimento profili Consente di individuare graficamente, all'interno della finestra grafica principale, la posizione dei punti di riferimento dei profili.

Elisse principale d'inerzia Consente di individuare graficamente la posizione dell'elisse centrale di inerzia della sezione composta.

Barra degli zoom

Zoom Dinamico Consente di attivare lo zoom dinamico mediante l'utilizzo del mouse. Per utilizzare lo zoom dinamico è sufficiente procedere nel seguente modo:

- 1. Premere il comando Zoom Dinamico;
- 2. Muovere il mouse tenendo premuto il tasto sinistro;
- 3. Premere il tasto destro per uscire dal comando.

Zoom Pan Consente di attivare lo zoom pan mediante l'utilizzo del mouse. Per utilizzare lo zoom pan è sufficiente procedere nel seguente modo:

- 1. Premere il comando **Zoom Pan**;
- 2. Muovere il mouse tenendo premuto il tasto sinistro;
- 3. Premere il tasto destro per uscire dal comando.



Zoom Finestra Consente di attivare lo zoom finestra mediante l'utilizzo del mouse.

Zoom Tutto Consente di racchiudere all'interno della finestra grafica l'intera sezione modellata.

Zoom Precedente Consente di rigenerare la visualizzazione precedente.

Zoom Successivo Consente di rigenerare la visualizzazione successiva.

Barra delle interrogazioni

Coordinate Punto Consente di eseguire l'interrogazione delle coordinate dei punti della sezione. Per eseguire l'interrogazione è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando Coordinate Punto;
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse in corrispondenza del punto di interesse della sezione, nella finestra visualizzata sono riportate le coordinate del punto;
- 3. Premere *Ok* per chiudere la finestra.

Distanza tra due punti Consente di eseguire l'interrogazione della distanza tra due punti della sezione. Per eseguire l'interrogazione è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando *Distanza tra due punti*;
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse in corrispondenza del primo e del secondo punto di interesse della sezione, nella finestra visualizzata e riportata la distanza e le componenti lungo l'asse X e Y;



Premere **Ok** per chiudere la finestra.

Caratteristiche singola sezione Consente di eseguire l'interrogazione delle proprietà del singolo profilo della sezione. Per eseguire l'interrogazione è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando Caratteristiche singola sezione;
- 2. Portare il puntatore del mouse in corrispondenza del profilo di interesse, viene visualizzata la finestra che riporta le informazioni;
- 3. Per chiudere il comando fare nuovamente Click sul comando.

Barra dei comandi

Definizione punto riferimento del singolo profilato Consente la definizione dei punti di riferimento dei profili. Per la definizione dei punti di riferimento è sufficiente attivare i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando **Definizione punto** *riferimento del singolo profilato*;
- Selezionare il profilo di riferimento facendo Click con il mouse, la sezione del profilo selezionato si colore in arancione (o altro colore se modificato);



- 3. Selezionare il punto di riferimento facendo Click con il mouse in prossimità del punto di riferimento che si vuole definire, il punto deve essere necessariamente sul bordo della sezione; per catturare il punto di interesso del profile è pessegerio attivare la ener di cetture dei punti delle sezione;
- punto di interesse del profilo è necessario attivare lo snap di cattura dei punti della sezione.
 In corrispondenza del punto di riferimento viene visualizzato un cerchietto blu.

1

Sposta i profilati selezionati Consente lo spostamento di un profilo della sezione (vedi il paragrafo Spostamento di un profilo).

ΛN

Specchia i profilati selezionati Consente di realizzare la copia speculare del profilo selezionato, eliminando il profilo origine (vedi il paragrafo *Specchiatura di un profilo*).

Specchia e mantiene i profilati originali Consente di realizzare la copia speculare del profilo selezionato, mantenendo il profilo origine (vedi il paragrafo *Specchiatura di un profilo*).

Copia i profilati selezionati Consente di realizzare la copia del profilo selezionato (vedi il paragrafo *Copia di un profilo*).

Ruota i profilati selezionati Consente di realizzare la rotazione del profilo selezionato (vedi il paragrafo Copia di un profilo).

Elimina i profili selezionati Consente di cancellare il profilo selezionato. Per la cancellazione di un profilo è sufficiente attivare i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando *Elimina i profili selezionati*;
- 2. Selezionare il profilo di riferimento facendo Click con il mouse, la sezione del profilo selezionato si colore in arancione (o altro colore se modificato);
- 3. Premere il tasto destro del mouse per realizzare la cancellazione.

Raccorda due lati di un profilato Consente di raccordare i lati di un profilo generico, mediante l'assegnazione del raggio di curvatura (vedi il paragrafo *Raccordo dei lati di un profilo generico*).

Importa i profilati da file DXF Consente la generazione della sezione mediante caricamento di un disegno in formato DXF.

Il file DXF deve contenere una polilinea chiusa ed essere salvato come DXF di Autocad 2002.

Per caricare una o più sezioni disegnate è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando Importa i profilati da file DXF;
- Nella finestra *Apri* selezionare il file di disegno contenente le sezioni;
 Premere il tasto *Apri*.

N.B. Affinché il disegno possa essere caricato e individuato come sezione è necessario che contenga 3 o più vertici (non è possibile caricare disegni di sezioni circolari o con lati curvilinei).

Consente l'inserimento di un profilo generico Consente l'inserimento di un profilo generico definito dall'utente. La definizione della sezione generica avviene con l'inserimento di una poligonale di almeno tre vertici (vedi il paragrafo *Inserimento di un profilo generico*).

Consente di modificare la geometria di un profilo generico Consente di modificare un profilo generico, inserito in precedenza con il comando **Consente** *l'inserimento di un profilo generico*.

Per modificare una sezione generica è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando **Consente di modificare la geometria di un profilo** generico;
- 2. Fare Click con il mouse sulla sezione da modificare, che si colore in arancione (o altro colore se modificato);
- 3. All'atto del Click viene visualizzata la finestra *Input numerico* che riporta i valori delle coordinate dei vertici della sezione;
- 4. Modificare i valori delle coordinate contenuti nelle caselle; facendo Click su una casella viene individuato, con simbolo + di colore blu, il vertice relativo.
- 5. Chiudere il comando premendo il tasto Ok.

Modifica diametro barre Consente la modifica del diametro di una o più barre di armatura delle sezioni miste. Per modificare le armature è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando Modifica diametro barre;
- 2. Nella finestra Input numerico definire il diametro da assegnare ad una o più barre di armatura;
- 3. Fare Click con il mouse sulla barra da modificare.
- 4. Modificare nuovamente, se necessario, il diametro contenuto nella finestra Input numerico;
- 5. Fare Click con il mouse sulla barra da modificare.
- 6. Al termine della modifica dei ferri chiudere la finestra con il tasto **X**.

Barra degli snap

👆 Attiva le funzioni di snap Attiva/Disattiva gli effetti cattura dei punti notevoli delle sezioni

Attiva snap fine Attiva/Disattiva l'effetto cattura sui punti di estremità dei segmenti.

Attiva snap medio Attiva/Disattiva l'effetto cattura sui punti medi dei segmenti.

Attiva snap centro Attiva/Disattiva l'effetto cattura sui centri delle sezioni circolari.

Attiva snap nodo Attiva/Disattiva l'effetto cattura sui nodi.

Attiva snap quadrante Attiva/Disattiva l'effetto cattura sui punti individuati dai quadranti delle sezioni circolari.

Attiva snap puntamento Attiva/Disattiva l'effetto cattura dell'intersezione apparente di rette passanti per i punti notevoli delle sezioni.

Attiva la modalità ortogonale Attiva/Disattiva la modalità ortogonale su tutte le funzioni.





Input numerico	×
Diametro	
Diam. 14	• [mm]

Metodologie operative

Definizione di un nuovo profilo semplice (Vedere paragrafo precedente)

Definizione di un nuovo profilo composto (Vedere paragrafo precedente)

Spostamento di un profilo

Per realizzare lo spostamento di un profilo è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando **W Sposta**
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse su uno o più profili di interesse;
- 3. Premere il tasto destro del mouse per attivare la modalità di definizione dello spostamento.

Lo spostamento del profilo può essere assegnato con diverse modalità:

• Utilizzando direttamente il mouse, facendo Click sul punto iniziale e finale del segmento che definisce lo spostamento da assegnare al profilo; il Click del mouse cattura automaticamente i punti della griglia di base mediante la funzione di Snap.

• Utilizzando i parametri contenuti nella finestra *Input numerico* che consentono di assegnare lo spostamento attivando una delle opzioni contenute nella cartella *Sposta*:

- *Due punti* Consente spostare il profilo selezionato assegnando direttamente i valori delle coordinate X e Y dei punti iniziale e finale del segmento che definisce lo spostamento da assegnare al profilo. Nel caso di utilizzo diretto del mouse, le caselle sono compilate in modo automatico con le coordinate dei punti in cui si è fatto Click con il mouse.

- *Distanze* Consente di spostare il profilo selezionato assegnando direttamente il valore della distanza di spostamento in direzione X e Y. Il valore negativo assegnato alla distanza consente lo spostamento nel verso opposto a quello positivo dell'asse globale.

L'opzione **Non visualizzare** consente di utilizzare direttamente il mouse senza visualizzare la finestra *Input numerico*.

Per ripristinare la visualizzazione della finestra è sufficiente attivare il comando **Visualizza dialog opzioni generali** e attivare l'opzione Visualizza Input numerico.

4. Il comando viene chiuso all'atto della definizione dello spostamento, oppure premendo il tasto Ok.

Specchiatura di un profilo

Per realizzare la copia speculare di un profilo è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando **Specchia**
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse su uno o più profili di interesse;
- 3. Premere il tasto destro del mouse per attivare la modalità di definizione dello spostamento.

Lo spostamento del profilo può essere assegnato con diverse modalità:

• Utilizzando direttamente il mouse, facendo Click sul punto iniziale e finale del segmento che definisce il piano di specchiatura del profilo selezionato; il Click del mouse cattura automaticamente i punti della griglia di base mediante la funzione di Snap.

•

• Utilizzando i parametri contenuti nella cartella *Specchia* della finestra *Input numerico* che consentono di definire il piano di specchiatura:

- *Due punti* Consente specchiare il profilo selezionato assegnando direttamente i valori delle coordinate X e Y dei punti iniziale e finale del segmento che definisce il piano di specchiatura del profilo selezionato. Nel caso di utilizzo diretto del mouse, le caselle

Input nu	imerico	×		
Sposta				
$^{\square}$ Due	e punti 👘			
×1	-10.0	[mm]		
Y1	0.0	[mm]		
X2	0.0	[mm]		
Y2	0.0	[mm]		
Distanze				
Dx	0.0	[mm]		
Dy	0.0	[mm]		
	<u>0</u> K			
Non visualizzare				



sono compilate in modo automatico con le coordinate dei punti in cui si è fatto Click con il mouse.

L'opzione **Non visualizzare** consente di utilizzare direttamente il mouse senza visualizzare la finestra *Input numerico*.

Per ripristinare la visualizzazione della finestra è sufficiente attivare il comando **Visualizza dialog opzioni generali** e attivare l'opzione Visualizza Input numerico.

4. Il comando viene chiuso all'atto della definizione dello spostamento, oppure premendo il tasto Ok.

Il comando **UN Specchia e mantieni** permette di specchiare il profilo selezionato mantenendo anche il profilo originale dopo l'applicazione del comando.

Copia di un profilo

Per realizzare la copia di un profilo è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando **Copia**
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse su uno o più profili di interesse;
- 3. Premere il tasto destro del mouse per attivare la modalità di definizione dello spostamento.

Lo spostamento del profilo può essere assegnato con diverse modalità:



• Utilizzando direttamente il mouse, facendo Click sul punto iniziale e finale del segmento che definisce lo spostamento da assegnare alla copia del profilo; il Click del mouse cattura automaticamente i punti della griglia di base mediante la funzione di Snap.

• Utilizzando i parametri contenuti nella finestra *Input numerico* che consentono di assegnare lo spostamento attivando una delle opzioni contenute nella cartella *Copia*:

- *Due punti* Consente di spostare la copia del profilo selezionato assegnando direttamente i valori delle coordinate X e Y dei punti iniziale e finale del segmento che definisce lo spostamento da assegnare. Nel caso di utilizzo diretto del mouse, le caselle sono compilate in modo automatico con le coordinate dei punti in cui si è fatto Click con il mouse.
- *Distanze* Consente di spostare la copia del profilo selezionato assegnando direttamente il valore della distanza di spostamento in direzione X e Y. Il valore negativo assegnato alla distanza consente lo spostamento nel verso opposto a quello positivo dell'asse globale.

L'opzione **Non visualizzare** consente di utilizzare direttamente il mouse senza visualizzare, la finestra *Input numerico*.

Per ripristinare la visualizzazione della finestra è sufficiente attivare il comando **Visualizza dialog opzioni generali** e attivare l'opzione Visualizza Input numerico.

4. Il comando viene chiuso all'atto della definizione dello spostamento, oppure premendo il tasto Ok.

Rotazione di un profilo

Per realizzare la rotazione di un profilo è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando **V** Ruota
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse su uno o più profili di interesse;
- 3. Premere il tasto destro del mouse per attivare la modalità di definizione della rotazione.

La rotazione del profilo può essere assegnato con diverse modalità:

• Utilizzando direttamente il mouse, facendo Click sul primo punto che individua il centro di rotazione del profilo e sul secondo punto che individua il segmento

Input n	umerico	×				
Ruota						
C Due punti						
×1	2.0	[mm]				
Y1	0.0	[mm]				
X2	0.0	[mm]				
Y2	0.0	[mm]				
Punto e angolo						
×	2.0	[mm]				
Y	0.0	[mm]				
Ang	0.00	[*]				
<u></u> K						
🔲 Non visualizzare						

Capitolo 3 Pag. 34

perpendicolare all'asse del profilo; il Click del mouse cattura automaticamente i punti della griglia di base mediante la funzione di Snap.

Utilizzando i parametri contenuti nella finestra Input numerico che consentono di assegnare lo spostamento attivando una delle opzioni contenute nella cartella Ruota:

- Due punti Consente di ruotare il profilo selezionato assegnando direttamente i valori delle coordinate X e Y del punto iniziale, che individua il centro di rotazione, e del punto finale che definisce il segmento perpendicolare all'asse del profilo. Nel caso di utilizzo diretto del mouse, le caselle sono compilate in modo automatico con le coordinate dei punti in cui si è fatto Click con il mouse.
- Punto e angolo Consente di ruotare il profilo selezionato assegnando direttamente il valore delle coordinate X e Y del centro di rotazione e il valore dell'angolo di rotazione. Il valore negativo assegnato all'angolo consente la rotazione nel verso opposto a quello positivo antiorario.

L'opzione Non visualizzare consente di utilizzare direttamente il mouse senza visualizzare, premendo il tasto destro del mouse, la finestra Input numerico.

Per ripristinare la visualizzazione della finestra è sufficiente attivare il comando Visualizza dialog opzioni generali e attivare l'opzione Visualizza Input numerico.

4. Il comando viene chiuso all'atto della definizione della rotazione, oppure premendo il tasto Ok.

Raccordo dei lati di un profilo generico

Per realizzare il raccordo tra i lati di un profilo generico è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando Raccorda due lati di un profilato;
- Fare Click con il tasto sinistro del mouse sul profilo di interesse, per la selezione del 2. profilo e la visualizzazione della finestra Input numerico;
- 3. Assegnare il valore del raggio del raccordo circolare nella cartella Raccorda;
- 4. Fare Click con il mouse sul vertice da raccordare del profilo selezionato.
- 5. Fare Click con il tasto destro del mouse per chiudere il comando.

Inserimento di un profilo generico

Per definire la geometria di un profilo generico è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere il comando Inserisci profilato generico:
- 2. Viene visualizzata la finestra Input numerico (la finestra non viene visualizzata nel caso si sia attivata l'opzione Non visualizzare);
- 3. Definire la geometria assegnando le coordinate dei vertici con le seguenti modalità:

• Utilizzando direttamente il mouse, facendo Click in corrispondenza dei vertici, catturando i punti della griglia con la funzione di Snap. Il Click del mouse realizza la compilazione automatica delle coordinate dei vertici nella cartella Sezione generica, consentendone la modifica.

• Utilizzando i parametri contenuti nella finestra Input numerico che consentono di assegnare i valori delle coordinate dei vertici della sezione mediante le opzioni contenute nella cartella Sezione generica. Nella cartella sono contenuti i seguenti comandi e parametri:

归 Inserisce una riga prima della corrente Consente di aggiungere una riga di coordinate come prima dell'elenco.

Cancella la riga corrente Consente di cancellare una delle righe introdotte con i comandi di inserimento; la riga corrente è quella su cui viene fatto Click con il mouse.

Aggiunge una riga in ultima posizione Consente di aggiungere una riga di coordinate come





Input nu	merico	×
Raccord	a	
Raggio	10	[mm]

L'opzione **Non visualizzare** consente di utilizzare direttamente il mouse senza visualizzare, premendo il tasto destro del mouse, la finestra *Input numerico*.

Per ripristinare la visualizzazione della finestra è sufficiente attivare il comando **Visualizza dialog opzioni generali** e attivare l'opzione Visualizza Input numerico.

4. Il comando viene chiuso attivando il tasto destro del mouse, oppure premendo il tasto **Ok**; La sezione introdotta è individuata dall'area di colore grigio.

La tabella delle proprietà geometriche

La *Tabella delle proprietà geometriche* contiene i parametri geometrici e inerziali della sezione composta. La tabella può essere visualizzata o nascosta mediante il comando *Visualizza -> Geometria*. Nella tabella sono contenuti i seguenti parametri:

- Caratteristiche generali della sezione:
 - Area della sezione;
 - Peso del profilo al metro lineare;
 - Area resistente a taglio in direzione X;
 - Area resistente a taglio in direzione Y;
 - Coordinata X del baricentro, rispetto al riferimento globale;
 - Coordinata Y del baricentro, rispetto al riferimento globale;
 - Angolo formato dagli assi principali di inerzia rispetto, al riferimento globale (ANGOLO A.P.I.);
 - Fattore torsionale di rigidezza (Jd).
- Assi di posizionamento:
 - Momento di inerzia della sezione rispetto all'asse X del riferimento globale (di posizionamento);
 - Momento di inerzia della sezione rispetto all'asse Y del riferimento globale (di posizionamento);
 - Momento di inerzia polare della sezione rispetto all'origine degli assi di posizionamento;
 - Momento di inerzia centrifugo della sezione rispetto all'origine degli assi di posizionamento;
 - Momento statico della sezione rispetto all'asse X;
 - Momento statico della sezione rispetto all'asse Y.

• Assi baricentrici:

- Momento di inerzia della sezione rispetto all'asse X baricentrico;
- Momento di inerzia della sezione rispetto all'asse Y baricentrico;
- Momento di inerzia polare della sezione rispetto al baricentro;
- Momento di inerzia centrifugo della sezione rispetto al baricentro;
- Modulo di resistenza rispetto all'asse X baricentrico;
- Modulo di resistenza rispetto all'asse Y baricentrico;
- Raggio dell'elisse centrale di inerzia in direzione X;
- Raggio dell'elisse centrale di inerzia in direzione Y.
- Assi principali di inerzia:
 - Momento di inerzia della sezione rispetto all'asse X principale di inerzia:
 - Momento di inerzia della sezione rispetto all'asse Y principale di inerzia;
 - Momento di inerzia polare della sezione rispetto al baricentro;
 - Modulo di resistenza rispetto all'asse X principale di inerzia;
 - Modulo di resistenza rispetto all'asse Y principale di inerzia;
 - Raggio dell'elisse centrale di inerzia in direzione X;
 - Raggio dell'elisse centrale di inerzia in direzione Y.
- Moduli plastici
 - Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse X;
 - Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse Y.

Sezioni miste acciaio-calcestruzzo

L'inserimento di una sezione mista acciaio-calcestruzzo avviene all'interno della finestra *Sezione mista* che consente la definizione della tipologia e dei parametri della sezione mista.

Per introdurre una sezione è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Fare Click sulla sezione di interesse per visualizzare la finestra *Editor dei profili semplici* che contiene l'archivio dei profili compatibili con la sezione selezionata;
- 2. Nella finestra tramite il menu ad albero selezionare il profilo con le dimensioni desiderate e premere **OK** per chiudere la finestra e ritornare alla finestra precedente;

	anonto,
PROPRI	ETA' SEZIONE
CARATTERISTIC	HE GENERALI
Area Sezione	:3.61 cm^2
Peso Sezione	:2.84 daN/m
Fattore Taglio	X : 1.00
Fattore Taglio	5 Y : 1.00
X Baricentro	:2311.41 mm
Y Baricentro	:1807.53 mm
ANGOLO A.P.I.	:-0.50 deg
0u .0.0	55 CH 4
ASSI DI POSIZ	IONAMENTO
Лх	:118188.82 cm^4
Jy	:193148.47 cm^4
Jz	:311337.29 cm^4
Јжу	:151033.68 cm^4
Sx	:653.42 cm^3
sy	:835.58 cm^3
ASSI BARICENT	RO
Јя'	:80.42 cm^4
Jy'	:12.40 cm^4
Jz'	:92.82 cm^4
Јжу'	:0.59 cm^4
Wx'	:13.49 cm^3
Wy'	:3.63 cm^3
rx'	:18.52 mm
ry'	:47.17 mm
ASSI PRINC. IN	NERZIA (A.P.I.)
J3	:80.42 cm^4
J2	:12.40 cm^4
J1	:92.82 cm^4
W3	:13.46 cm^3
W2	:3.67 cm^3
r3	:18.52 mm
r2	:47.17 mm
MODULI PLASTIC	CI
Wp13	:15.71 cm^3
Wp12	:5.45 cm^3
CENTRO DI TACI	
V -2272 26	510
V -1809 08 mm	
1 .1005.00 mm	

- 3. Nella finestra *Sezione mista* sono attivati in modo automatico i parametri relativi alla sezione selezionata.
- Sono disponibili le seguenti tipologie di sezioni miste:



Tubolare circolare con riempimento in calcestruzzo;

Tubolare circolare con riempimento in calcestruzzo e rinforzato con profilo a doppio T;

Profilo a doppio T con soletta collaborante in calcestruzzo;

Profilo a omega con soletta collaborante in calcestruzzo;

Quattro profili a L con riempimento in calcestruzzo.

Tubolare quadrato o rettangolare con riempimento in calcestruzzo

Consente di eseguire la verifica della sezione mista formata da un tubo rettangolare o quadrato con riempimento di calcestruzzo e armata con barre disposte lungo il perimetro interno.

Attivando il comando viene visualizzata la finestra *Sezione mista* che contiene i seguenti parametri:

- Pulsante *Click per assegnare* Consente di visualizzare la finestra *Editor profilati semplici* per la definizione del profilo tubolare rettangolare o quadrato. Nella finestra risultano attivi solamente i profili compatibili con la sezione definita.
- Nella cornice *Armatura* sono presenti i seguenti parametri:
 - n1 Consente di definire il numero di ferri di armatura disposti lungo il lato interno superiore del profilo;
 - n2 Consente di definire il numero di ferri di armatura disposti lungo ognuno dei lati interni verticali del profilo;
 - n3 Consente di definire il numero di ferri di armatura disposti lungo il lato interno inferiore del profilo;
 - Diametro Consente di assegnare il diametro dei ferri di armatura. Il diametro definito viene assegnato in automatico a tutti i ferri di armatura della sezione e può



essere modificato utilizzando il comando **Modifica diametro barre**;

- D Consente di assegnare la distanza del ferro di armatura dal bordo di calcestruzzo.
- *Coeff. omog.* Consente di assegnare il valore del coefficiente di omogeneizzazione.

Z Tubolare circolare con riempimento in calcestruzzo

Consente di eseguire la verifica della sezione mista formata da un tubo circolare con riempimento di calcestruzzo e armata con barre disposte lungo il perimetro interno.

Attivando il comando viene visualizzata la finestra *Sezione mista* che contiene i seguenti parametri:

- Pulsante *Click per assegnare* Consente di visualizzare la finestra *Editor profilati semplici* per la definizione del profilo tubolare circolare. Nella finestra risultano attivi solamente i profili compatibili con la sezione definita.
- Nella cornice *Armatura* sono presenti i seguenti parametri:
 - n1 Consente di definire il numero di ferri di armatura disposti lungo il lato interno del profilo;
 - Diametro Consente di assegnare il diametro dei ferri di armatura. Il diametro definito viene assegnato in automatico a tutti i ferri di armatura della sezione e può

TUB4	06x32.0			
-Sezione calc	estruzzo			
Leff	0 (m	im]		
S	0 (m	nm]		
Armatura			0	0
n1	8		6))
n2	0		200	2
n3	0			
Diametro	16 💌 (r	nm]		
D	0 (r	nm]		
Coeff omog	nrof 15			
Cooff amon	have 15			

- essere modificato utilizzando il comando **Mana Modifica diametro barre**;
- D Consente di assegnare la distanza del ferro di armatura dal bordo di calcestruzzo.
- *Coeff. omog.* Consente di assegnare il valore del coefficiente di omogeneizzazione.

W Tubolare circolare con riempimento in calcestruzzo e rinforzato con profilo a doppio T; (*disponibile in versioni future*)

T Profilo a doppio T con soletta collaborante in calcestruzzo; (disponibile in versioni future)

Profilo a omega con soletta collaborante in calcestruzzo; (disponibile in versioni future)

Quattro profili a L con riempimento in calcestruzzo

Consente di eseguire la verifica della sezione mista formata da quattro profili ad L con riempimento di calcestruzzo e armata con barre disposte lungo il perimetro interno.

Attivando il comando viene visualizzata la finestra *Sezione mista* che contiene i seguenti parametri:

- Pulsante Click per assegnare Consente di visualizzare la finestra Editor profilati composti per la definizione del profilo composto. Nella finestra risultano attivi solamente i profili compatibili con la sezione definita.
- Nella cornice *Armatura* sono presenti i seguenti parametri:
 - n1 Consente di definire il numero di ferri di armatura disposti lungo il lato interno superiore del profilo;
 - n2 Consente di definire il numero di ferri di armatura disposti lungo ognuno dei lati interni verticali del profilo;
 - n3 Consente di definire il numero di ferri di armatura disposti lungo il lato interno inferiore del profilo;
 - Diametro Consente di assegnare il diametro dei ferri di armatura. Il diametro definito viene assegnato in automatico a tutti i ferri di armatura della sezione e può

Sezione mis	ta	×
	I V H	
Tipo		
Sezione calc	estruzzo	
Leff	0 [mm]	
S	0 [mm] n1-	_
Armatura	d1 [*] 99 n2→8	
n1	4	<u>8 8</u>
n2	2	
n3	4	
Diametro	20 💌 [mm]	
D	0 [mm]	
Cooff omor	prof 15	
Coeff. omog.	barre 15	
	<u>OK</u> <u>Annulla</u> <u>H</u> elp	

- essere modificato utilizzando il comando 🗱 🔜 Modifica diametro barre;
- D Consente di assegnare la distanza del ferro di armatura dal bordo di calcestruzzo.
- *Coeff. omog.* Consente di assegnare il valore del coefficiente di omogeneizzazione.

Gestione dell'archivio dei materiali

La definizione dell'archivio dei materiali si effettua all'interno della *Tabella dei materiali* di PRO_SAP, mediante l'assegnazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali utilizzati, con i seguenti comandi:

✿ Dati struttura ► Materiali Viene visualizzata la Tabella dei materiali. La Tabella dei materiali contiene le seguenti tipologie di materiali:

- Materiale tipo cemento armato;
- Materiale tipo acciaio;
- Materiale tipo muratura;
- Materiale tipo legno;
- Materiale tipo generico.

Inoltre contiene:

- La cornice di testo che contiene la descrizione del materiale corrente dell'archivio; questa stringa può essere personalizzata dall'utente in fase di definizione della geometria;
- I tasti:

Copia Permette di copiare le caratteristiche definite nel materiale corrente;

Incolla Permette di assegnare al materiale corrente le caratteristiche memorizzate con il comando copia; *Annulla* Permette di annullare l'operazione eseguita;

Elimina Permette di eliminare il materiale corrente;

Tabella dei materiali	×				
N 😪 🗣 😂 🔪					
Materiale corrente					
Calcestruzzo Classe C25/30	_				
Copia Incolla 1					
Applica Annulla Elimina					

Applica Permette di inserire il materiale definito nell'archivio materiali, con il numero presente nel contatore;

• Il contatore dei materiali dell'archivio, per inserire un nuovo materiale è necessario avanzare il contatore di una unità.

Per ogni materiale, facendo Click sulla figura, si accede alla relativa finestra *Definizione proprietà materiale tipo* la quale contiene i seguenti parametri comuni a tutti i materiali:

E Definipore proprietà materiale opo c.a.

 Materiale esistente Consente di indicare che il materiale è esistente e di personalizzare il relativo Fattore di Confidenza.
 <u>Lasciando il valore di FC pari a 0,</u> verrà utilizzato quello disponibile al

passo 1 dei casi di carico sismici. Per elementi in cemento armato è possibile differenziare il fattore di confidenza del calcestuzzo *FC m* da quello delle barre di acciaio *Fc a;*

- *Peso specifico* Peso specifico del materiale (Gamma);
- Dilatazione termica Coefficiente di dilatazione termica lineare (in direzione locale 1 per materiale ortotropo);
- Smorzamento Valore di smorzamento percentuale
- Modulo E Modulo (Young) di elasticità normale (in direzione locale 1 per materiale ortotropo);

Stringe identificative	Calcentruzzo Classe C25/30	-	
🗄 Generalità			
Materiale existente	- 58		32
Fattore di confidenza FC m	1.35		
Fattore di confidenza FC a'	1.35	141	
🗄 Resistenze			ð,
Resistence Rom	300.0 [deN/cm2]		4
Resistanza fetro	25.58 [daN/cm2]	87	
Electo-plastico			
🗄 Proprietà			
Peso specifico	2.5000e-08 [daN/cm3]		
Dilatzaione termica	1.0000e-05 [1/C]		
Smorzamento	5.0	_	
E Costanti elastiche			
Medulo E	314470.0 [daWcm2]		
Poisson	9.2		
Modulo 6	131030/0 [daN/cm2 [*	
Avanzate		100	
		OK Annul	à.

- Poisson Coefficiente di (Poisson) contrazione trasversale (in direzioni locali 1-2 per materiale ortotropo);
- *Modulo G* Modulo di elasticità tangenziale (in direzioni locali 1-2 per *materiale ortotropo*).

Il programma permette inoltre di selezionare le seguenti opzioni:

• *Elasto-plastico* Permette di considerare il materiale elastico perfettamente plastico, ovvero in grado di reagire in modo elastico lineare a compressione e a trazione fino ad una tensione massima assegnata e successivamente sempre con tensione costante pari alla massima fissata. Questa opzione è attiva per elementi D2.

Selezionando l'opzione Elasto-plastico è possibile definire i seguenti parametri:

- Massima tensione di compressione: Valore massimo della tensione che individua il campo elastico per compressione (-)
- Massima tensione di trazione: Valore massimo della tensione che individua il campo elastico per trazione (+).
- Coefficiente di attrito: L'asta non lineare consente, inoltre, di modellare un vincolo ad attrito, in quanto il valore massimo della tensione di compressione e trazione può essere limitato mediante il Coefficiente di attrito apparente, valore che moltiplica l'azione V2 dell'asta. La massima azione assiale che è in grado di trasferire l'elemento è quella ottenuta dall'azione V2 moltiplicata per il coefficiente di attrito apparente.
- Ortotropo Consente di assegnare un diverso valore del modulo di Young, del coefficiente di Poisson e del modulo G nelle tre direzioni. Questa impostazione agisce solo nel caso di elementi D3 e solai, se l'opzione non viene spuntata il programma considera il materiale isotropo nelle tre direzioni.

Selezionando l'opzione *materiale ortotropo* il programma permette di definire:

Dilatazione termica 2 Coefficiente di dilatazione termica lineare in direzione locale 2;

Dilatazione termica 3 Coefficiente di dilatazione termica lineare in direzione locale 3;

Modulo E2 Modulo di (Young) elasticità normale in direzione locale 2;

Modulo E3 Modulo di (Young) elasticità normale in direzione locale 3;

Poisson 1-3 Coefficiente di (Poisson) contrazione trasversale per direzioni locali 1-2;

Poisson 2-3 Modulo di elasticità tangenziale per direzioni locali 1-3;

Modulo G1-3 Modulo di elasticità tangenziale per direzioni locali 1-3;
Modulo G2-3 Modulo di elasticità tangenziale per direzioni 2-3.

Plate elasticity matrix coefficients for an isotropic material.

$$E = Modulus \text{ of Elesuent}$$

$$\mu = Poisson's Rates$$

$$\begin{bmatrix}
c_{11} & c_{12} & c_{13} \\
c_{12} & c_{22} & c_{23} \\
c_{13} & c_{22} & o_{2}
\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}
\frac{F}{(1 - \mu^{2})} & \mu F \\
\frac{\mu F}{(1 - \mu^{2})} & \frac{E}{(1 - \mu^{2})} & 0 \\
0 & 0 & \frac{F}{2(1 + \mu)}
\end{bmatrix}$$

Plate elasticity matrix coefficients for an orthotropic material.

- $\mathcal{E}_{1}^{'}$ = Modulus of Electrony (Principal Direction I)
- $E_{\rm p}$ = Modulus of Blastmity (Puncipal Direction 2)
- O = Shesi Micalulus
- μ₁ = Poisson's Rabio (Principal Ditection 1)
- $\mu_{\rm A}$ = the seconds Plates (the interpret Direction 2).

$$\begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{12} & c_{22} & c_{23} \\ c_{12} & c_{23} & c_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\varepsilon_1}{(1 - \mu_1 \mu_2)} \frac{\mu_2 \varepsilon_1}{(1 - \mu_1 \mu_2)} \\ 0 \\ \frac{\mu_1 \varepsilon_2}{(1 - \mu_1 \mu_2)} \frac{\varepsilon_3}{(1 - \mu_1 \mu_2)} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

I valori sopra riportati si utilizzano per la definizione di un materiale a comportamento ortotropo; tale materiale può essere assegnato solamente ad *elementi di tipo D3* o *elementi di tipo Solaio*. Se si assegna ad un elemento D2 un materiale con E1 diverso da E2, verrà utilizzata la media tra i 2. Per visualizzare le direzioni locali di orientamento del materiale è necessario attivare i comandi **Preferenze**

► Opzioni elementi ► Elementi D3 direzione materiale.

Opzioni di disegno Nodi ed Elementi		×
Elementi D2 simbolo TTRC Elementi D2 num. sezioni Elementi D3 num. sezioni Elementi D3 membrana Elementi D3 fondazione Elementi D3 campitura Elementi D3 cali	^	Colore e scala Colore
Elementi D3 direzione materiale Elementi D3 assi macro Elementi D3 perimetri punzonamento	¥	

	tofia proverta 00 tori and art of + m ⊕ Generalità	
	tiemento tipic	🗊 Shell
	Spessare	20.0 [cm]
	Materials	[1] Calcertruzzo Clanes C23/50
	Criterio di progetto	[1] Criterio di progetta 01408.
~	Layer	(1) Layer 0
	Svincolo	Nempresisto
	Filo Sepa	elevisionito in aisse
	Protoroinne	0.0 [duN/cm2]
	🔤 Interazione toereno	
	Foridaziene (fuccia in	-
	E tas/ pert.	0.0 [Jtb.N/ces2]
	K fust, cont.	0.0 [stativers1]

E' possibile ruotare la direzione del materiale rispetto al sistema di riferimento globale attraverso il comando *Edita proprietà* \rightarrow *Direzione materiale ortotropo*.

Materiale cemento armato

Per i materiali di tipo cemento armato sono riportati inoltre:

- *Resistenza Rkc* Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza cubica a compressione del conglomerato cementizio;
- Resistenza fctm Valore della resistenza media a trazione semplice.

Definizione proprietà materia	le tipo c.a.	×
Stringa identificativa	Calcestruzzo Classe C25/30	\sim
🖃 Generalità		
Materiale esistente		
Resistenze		
Resistenza Rck	300.0 [daN/cm2]	유민이는 승규가 있는 것이 좋아하는 ??? ????????????????????????????????
Resistenza fctm	25.58 [daN/cm2]	
Elasto-plastico		
🖻 Proprietà		
Peso specifico	2.5000e-03 [daN/cm3]	
Dilatazione termica	1.0000e-05 [1/C]	
Smorzamento	5.0	
🗉 Costanti elastiche		
Modulo E	314470.0 [daN/cm2]	
Poisson	0.2	
Modulo G	131030.0 [daN/cm2]	
Ortotropo		
🗄 Avanzate	-	

Materiale acciaio

Per i materiali di tipo acciaio sono riportati inoltre:

- Tensione ftk Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della tensione di rottura a trazione;
- Tensione fyk Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della tensione di snervamento;
- Resistenza fd Valore della resistenza di calcolo allo Stato Limite per spessori < 40 mm (solo per CNR UNI 10011);
- *Resistenza fd (>40)* Valore della resistenza di calcolo allo Stato Limite per spessori > 40 mm (solo per CNR UNI 10011);
- Tensione ammissibile Valore di tensione ammissibile;
- *Tensione ammissibile (>40)* Valore di tensione ammissibile per spessore > 40 mm.

tringa identificativa	Acciaio Fe360 - S235	
Generalità		
Materiale esistente		
Resistenze		
Tensione ftk	3600.0 [daN/cm2]	
Tensione fyk	2350.0 [daN/cm2]	
Resistenza fd	2350.0 [daN/cm2]	
Resistenza fd (>40)	2100.0 [daN/cm2]	
Tensione ammissibile	1600.0 [daN/cm2]	
Tensione ammissibile (>40)	1400.0 [daN/cm2]	
Elasto-plastico		
Proprietà		
Peso specifico	7.8000e-03 [daN/cm3]	
Dilatazione termica	1.2000e-05 [1/C]	
Smorzamento	5.0	
Costanti elastiche		
Modulo E	2100000.0 [daN/cm2]	-

Materiale muratura

Per i materiali di tipo muratura sono riportati inoltre:

- *Resistenza fk* Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a compressione verticale della muratura;
- *Resistenza fv0k* Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali della muratura
- *Resistenza fhk* Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a compressione orizzontale della muratura;
- *Resistenza fbk* Valore caratteristico (medio per materiali esistenti) della resistenza a compressione dei blocchi in assenza di sforzo normale. Tale valore entra in gioco solo nelle verifiche di edifici rinforzati con FRP, se non viene inserito le verifiche vengono eseguite con il valore di resistentza a compressione verticale fk.

Vengono calcolati in automatico sia la resistenza a taglio della muratura fmvk, sia la resistenza a trazione (media) dei blocchi fbtm (posta pari a 0.1 * fbck).

Definizione proprietà mater	iale tipo muratura		×
Stringa identificativa	Laterizi pieni con malta M15		
Materiale esistente Resistenze			
Resistenza fk Resistenza fv0k	82.0 [daN/cm2] 3.0 [daN/cm2]		
Resistenza fhk Resistenza fbk	40.0 [daN/cm2] 150.0 [daN/cm2]		
Elasto-plastico	20000-02 (
Dilatazione termica	1.0000e-05 [1/C]		
Costanti elastiche	510	-	
Modulo E Poisson	34000.0 [daN/cm2] 0.25		
Modulo G	13600.0 [daN/cm2]	•	
			OK Annulla

Materiale legno

Per il materiale di tipo legno vengono riportati inoltre:

- *Resist. fc0k* (utilizzato per la progettazione agli SLU) Valore caratteristico della resistenza a compressione, in direzione assiale alle fibre;
- *Resist. ft0k* (utilizzato per la progettazione agli SLU) Valore caratteristico della resistenza a trazione, in direzione assiale alle fibre;
- Resist. fkm (utilizzato per la progettazione agli SLU) Valore caratteristico della resistenza a flessione;
- Resist. fvk (utilizzato per la progettazione agli SLU) Valore caratteristico della resistenza a taglio;
- *Lamellare* Opzione per la non applicazione del coefficiente di riduzione al modulo di resistenza flessionale per sezioni rettangolari, nel caso di legno lamellare;
- *E,05/Emed* (utilizzato per la progettazione agli SLU) Rapporto tra il Modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5% e il Modulo di elasticità medio;
- *V Beta n* (utilizzato per le verifiche di resistenza al fuoco SLU) Valore nominale della velocità di carbonizzazione espressa in millimetri al minuto.

stringa identificativa	Legno massiccio C24		
Generalità			
Materiale esistente			
Resistenze			
Resistenza fc0k	210.0 [daN/cm2]		
Resistenza ft0k	145.0 [daN/cm2]		
Resistenza fmk	240.0 [daN/cm2]		
Resistenza fvk	40.0 [daN/cm2]		Mar
Elasto-plastico			
Lamellare			
Proprietà			
Peso specifico	3.5000e-04 [daN/cm3]		
Dilatazione termica	0.0 [1/C]		
Dilatazione termica 2	0.0 [1/C]		
Dilatazione termica 3	0.0 [1/C]		
Smorzamento	5.0		
V Beta n	1.0 [mm/min]	-	

Materiale generico

Il materiale generico consente solamente l'inserimento dei parametri che permettono l'analisi dell'elemento strutturale.

Trattandosi di un materiale generico non è implementata nel programma nessuna normativa per questa tipologia di materiale, pertanto tutti gli elementi a cui verrà assegnato questo materiale saranno automaticamente esclusi dalla progettazione.

Definizione proprietà materiale gen	erico	×
Stringa identificativa	Materiale inf. rigido no peso E	
Resistenze		
Elasto-plastico		
Generalità		
Peso specifico	0.0 [daN/cm3]	
Dilatazione termica	1.2000e-05 [1/C]	
Smorzamento	5.0	
Costanti elastiche		
Modulo E	100000000.0 [daN/cm2]	
Poisson	0.0	
Modulo G	50000000.0 [daN/cm2]	
Ortotropo		
		OK Annulla



Per la definizione della resistenza del materiale si utilizza il valore caratteristico per gli edifici nuovi ed il valore medio per gli edifici esistenti

Se non viene definito il modulo G il programma lo calcola automaticamente con la formula: $G_m = \frac{E}{2(1+\nu)}$



Se l'utente indica manualmente E, G ed il coefficiente di Poisson il programma esegue un controllo sulla coerenza tra i tre parametri con la formula riportata sopra. Se i valori inseriti dall'utente non sono coerenti (ovvero se applicando la formula il valore di G ottenuto a

partire da E e coefficiente di Poisson è diverso rispetto a quello inserito dall'utente) il programma considera automaticamente il materiale ortotropo.

Creazione e modifica dell'archivio dei materiali

Durante una nuova sessione di lavoro è possibile utilizzare un prototipo di default o da file contenente l'archivio dei materiali standard o personalizzato, oppure generare ex-novo l'archivio con i seguenti comandi:

1. Attivare i comandi:

🚳 Dati struttura 🕨 Materiali Viene visualizzata la Tabella dei materiali.

- 2. Definire con il contatore il numero di archivio del materiale che si desidera inserire;
- 3. Fare doppio Click con il mouse sul tasto del materiale di interesse;
- 4. Viene visualizzata la finestra dati, per l'inserimento delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale; premere il tasto *Ok;*
- 5. Premere il tasto Applica.

Per la modifica di un materiale dell'archivio:

- 1. Posizionarsi con il contatore sul materiale dell'archivio che si desidera modificare;
- 2. Fare doppio Click con il mouse sul tasto del materiale di interesse;
- 3. Viene visualizzata la finestra dati, per l'inserimento delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale; premere il tasto *Ok;*
- 4. Premere il tasto Applica.

Gestione dell'archivio delle fondazioni

La definizione dell'archivio delle fondazioni si effettua all'interno della *Tabella delle fondazioni* di PRO_SAP; nell'archivio vengono definite le fondazioni di tipo speciale (plinti, pali, ecc..), mentre le fondazioni a trave o a platea vengono definite in altro modo (vedere cap. Definizione del prototipo assegnazione delle proprietà agli oggetti).

L'archivio delle fondazioni viene definito mediante l'assegnazione delle caratteristiche geometriche delle fondazioni e meccaniche del terreno, con i seguenti comandi:

🚳 Dati struttura 🕨 Fondazioni Viene visualizzata la Tabella delle fondazioni.

La Tabella delle fondazioni contiene le seguenti tipologie di fondazioni:

- Plinto su suolo elastico;
- Plinto su suolo elastico con bicchiere;
- Palo in mezzo elastico;
- Plinto su palo in mezzo elastico;
- Plinto su due pali in mezzo elastico;
- Plinto su tre pali in mezzo elastico;
- Plinto su quattro pali in mezzo elastico;
- Plinto su cinque pali in mezzo elastico (plinto rettangolare);
- Plinto su cinque pali in mezzo elastico (plinto pentagonale);
- Plinto su sei pali in mezzo elastico.

Inoltre contiene:

- La cornice di testo che contiene la descrizione della fondazione corrente dell'archivio; questa descrizione può essere personalizzata dall'utente.
- I tasti:

Copia Permette di copiare le caratteristiche definite nella fondazione corrente;

Incolla Permette di assegnare alla fondazione corrente le caratteristiche copiate;

Annulla Permette di annullare l'operazione eseguita;

Elimina Permette di eliminare la fondazione corrente;

Applica Permette di inserire la fondazione definita nell'archivio fondazioni, con il numero presente nel contatore;

 Il contatore delle fondazioni dell'archivio, per inserire una nuova fondazione è necessario avanzare il contatore di una unità.

Al termine della definizione della tipologia di fondazione e dei relativi parametri contenuti nella finestra premere il tasto *Ok* e quindi il tasto *Applica*.

Tabella delle fondazi	oni				×
				ur ur	
					
- Fondazione corrente-					
PL.DADO 150.00 x1	50.00				
Copia	Inc	olla	1		÷
Applica	Anr	nulla		Elimina	

La Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler)

Il comportamento del terreno alla Winkler viene assimilato a quello di un letto di molle tra loro indipendenti. Si ammette che il mezzo in superficie reagisca proporzionalmente ai carichi applicati secondo la relazione

 $q = k \cdot w$

in cui:

q è il carico applicato.

k è il modulo di reazione del terreno, detta anche costante di Winkler (daN/cm³).

w è lo spostamento verticale in un punto.

Per cui la teoria si basa sull'ipotesi di proporzionalità tra sforzi e deformazioni.

Dalla formula sopra citata si può ricavare il valore del modulo di reazione del terreno k:

$k = q / w (daN/cm^3)$

Fondazioni superficiali



Plinto su suolo elastico

Cliccando sulla tipologia di fondazione *Plinto su suolo elastico* si apre la relativa finestra che contiene i seguenti dati:

Plinto su suolo elastico		×
Stringa identificativa		
Dimensione esterna x Dimensione esterna y Dimensione interna x Dimensione interna y Altezza esterna Altezza interna Rotazione z Officet x	0.0 [cm] 0.0 [cm] 0.0 [cm] 0.0 [cm] 0.0 [cm] 0.0 [cm] 0.0 [gradi] 0.0 [cm]	
Offset y Caratteristiche terreno	0.0 [cm]	
Winkler verticale Winkler orizzontale	0.0 [daN/cm3] 0.0 [daN/cm3]	
		OK Annulla

- Parametri geometrici dimensionali del plinto
 - Dimensione esterna x Dimensione in direzione x dell'impronta del plinto sul terreno;
 - Dimensione esterna y Dimensione in direzione y dell'impronta del plinto sul terreno;
 - Dimensione interna x Dimensione in direzione x del collo del plinto sul terreno;
 - Dimensione interna y Dimensione in direzione y del collo del plinto sul terreno;
 - Altezza esterna Altezza della base del plinto
 - Altezza interna Altezza del collo del plinto
 - Rotazione z Rotazione rigida del plinto attorno all'asse z + se antioraria;
 - Offset x Traslazione in direzione x del centro dell'area di impronta del plinto sul terreno rispetto al piede del pilastro;
 - Offset y Traslazione in direzione y del centro dell'area di impronta del plinto sul terreno rispetto al piede del pilastro;
- Caratteristiche del terreno
 - Winkler verticale Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) verticale per la modellazione della fondazione su suolo elastico in analisi statica (daN/cm³);
 - Winkler orizzontale Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) orizzontale per la modellazione della fondazione su suolo elastico in analisi dinamica (daN/cm³); la rigidezza laterale equivalente viene calcolata mediante il prodotto:

Dimensione esterna X · Dimensione esterna Y · Winkler orizzontale

Per la definizione del plinto di sezione rettangolare è sufficiente porre uguali a zero le seguenti dimensioni: Dimensione interna x, Dimensione interna y, Altezza interna.

N.B. Il modulo di reazione orizzontale del terreno Winkler orizzontale deve essere quello della quota del piano di posa della fondazione (ad es. nel caso di fondazione di spessore 50 cm posta con il suo estradosso a quota 0, il valore del modulo deve essere quello relativo alla quota z=-50 cm).

Plinto a bicchiere su suolo elastico

Cliccando sulla tipologia di fondazione *Plinto a bicchiere su suolo elastico* si apre la relativa finestra che contiene i seguenti dati:

Plinto su suolo elastico con bicchi	ere	×
Stringa identificativa		THI
Dimensione esterna x Dimensione esterna y Dimensione interna x Dimensione interna y Altezza esterna Altezza interna Spessore collare inferiore Spessore collare superiore	200.0 [cm] 200.0 [cm] 120.0 [cm] 120.0 [cm] 60.0 [cm] 90.0 [cm] 25.0 [cm] 25.0 [cm]	
Offset x Offset y Caratteristiche terreno	0.0 [gradi] 0.0 [cm] 0.0 [cm]	-
Winkler verticale Winkler orizzontale	1.0 [daN/cm3] 1.0 [daN/cm3]	-
		OK Annulla

- Parametri geometrici dimensionali del plinto
 - Dimensione esterna x Dimensione in direzione x dell'impronta del plinto sul terreno;
 - Dimensione esterna y Dimensione in direzione y dell'impronta del plinto sul terreno;
 - Dimensione interna x Dimensione in direzione x del collo del plinto sul terreno;
 - Dimensione interna y Dimensione in direzione y del collo del plinto sul terreno;
 - Altezza esterna Altezza della base del plinto
 - Altezza interna Altezza del collo del plinto
 - Spessore collare inferiore Spessore inferiore del collare; nel caso di plinto a gradoni tale valore deve essere 0;
 - Spessore collare superiore Spessore superiore del collare; nel caso di plinto a gradoni tale valore deve essere 0
 - Rotazione z Rotazione rigida del plinto attorno all'asse z + se antioraria;
 - Offset x Traslazione in direzione x del centro dell'area di impronta del plinto sul terreno rispetto al piede del pilastro;
 - Offset y Traslazione in direzione y del centro dell'area di impronta del plinto sul terreno rispetto al piede del pilastro;
- Caratteristiche del terreno
 - Winkler verticale Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) verticale per la modellazione della fondazione su suolo elastico in analisi statica (daN/cm³);
 - Winkler orizzontale Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) orizzontale per la modellazione della fondazione su suolo elastico in analisi dinamica (daN/cm³); la rigidezza laterale equivalente viene calcolata mediante il prodotto:

Dimensione esterna X · Dimensione esterna Y · Winkler orizzontale

Per la definizione del plinto a gradoni è sufficiente porre uguali a zero le seguenti dimensioni: Spessore collare inferiore, Spessore collare superiore.

N.B. Il modulo di reazione orizzontale del terreno Winkler orizzontale deve essere quello della quota del piano di posa della fondazione (ad es. nel caso di fondazione di spessore 50 cm posta con il suo estradosso a quota 0, il valore del modulo deve essere quello relativo alla quota z=-50 cm).

Fondazioni su pali

Nelle finestre di definizione delle fondazioni su pali, sono presenti i seguenti parametri comuni, le cui unità di misura sono daN e cm.

Stringa identificativa Modello matematico palo Plinto Palo n. 1 0.00 2.00 0.10 Diametro 40.0 n. 2 -200.00 3.00 0.20 Lunghezza 1000.0 n. 4 -1000.00 5.00 0.40 Modulo elastico 250000.0 reset	Palo in mezzo elastico		×
Piede: vincolo rotazione Piede: vincolo traslazione orizzontale Piede: vincolo traslazione orizzontale	Palo in mezzo elastico Stringa identificativa Palo Diametro Lunghezza 1000.0 Modulo elastico 250000.0 Peso specifico 2.5000e-03	Modello matematico palo P.to Quota K orizz K verti n. 1 0.00 2.00 0.10 n. 2 -200.00 3.00 0.20 n. 3 -500.00 4.00 0.30 n. 4 -1000.00 5.00 0.40 inserisci riga rimuovi riga reset setta rif. assegna rif. assegna a definiti Usa stratigrafia semplificata con coefficienti: K00 Kzo KV (attrito) 0.0 0.0 0.0 Testa: svincolo flessione Piede: vincolo rotazione Piede: vincolo raslazione orizzontale	Plinto Spessore 0.0 Rotazione 0.0 Distanza bordo 0.0 Interasse princ. 0.0 Interasse sec. 0.0 Plinto con bicchiere Bicchiere Altezza esterna 0.0 Base X 0.0 Base Y 0.0 Spessore inf. 0.0 Spessore sup. 0.0

Cornice *Stringa identificativa*: permette di personalizzare la descrizione della fondazione corrente. Cornice *Palo*:

- Diametro palo Diametro del palo;
- Lunghezza Lunghezza del palo;
- Modulo elastico Modulo di elasticità del materiale costituente il palo;
- Peso specifico Peso specifico del materiale costituente il palo;

Cornice Modello matematico del palo:

- *P.to* Numero progressivo del punto corrispondente alla quota assegnata;
- *Quota* Quota del punto di discontinuità della stratigrafia (espressa in cm), riferita al sistema di riferimento globale
- K orizzontale Modulo di reazione orizzontale del terreno (daN/cm³)
- *K verticale* Modulo di reazione verticale del terreno (daN/cm³)

Inoltre sono presenti i seguenti comandi:

- Inserisci riga Comando che consente di inserire una riga di dati;
- *Rimuovi riga* Comando che consente di cancellare una riga di dati;
- *Reset* Comando che consente di cancellare tutte le righe inserite;
- *Setta rif.* Consente di memorizzare temporaneamente i dati inseriti nella tabella del modello matematico del palo;
- *Assegna rif.* Consente di assegnare i dati inseriti nella tabella del modello matematico del palo, memorizzati con il comando setta riferimento;
- *Assegna a definiti* Consente di assegnare a tutto l'archivio di pali e plinti su pali i dati inseriti nella tabella del modello matematico del palo, memorizzati con il comando setta riferimento.
- Opzione *Usa stratigrafia semplificata con coefficienti* Consente di assegnare la stratigrafia con modalità semplificata, con andamento uniforme o linearmente crescente dei moduli di reazione del terreno. Per l'assegnazione è necessario utilizzare i seguenti comandi:
 - *K0o* Modulo di reazione orizzontale del terreno a quota z=0 (daN/cm3);
 - Kzo Modulo di reazione orizzontale del terreno, linearmente crescente con la profondità z, esprime la variazione del modulo di reazione relativa all'unità di lunghezza (daN/cm3);
 - *Kv attrito* Modulo di reazione verticale del terreno (daN/cm3).

Definizione del vincolo applicato dal palo alla struttura

Consente di assegnare il tipo di vincolo che è in grado di esercitare il palo, e la tipologia di sollecitazione che è in grado di trasferire:

- *Testa: svincolo flessione* Consente di annullare la capacità del palo di trasferire sollecitazione flessionale alla sovrastruttura;
- *Piede: vincolo rotazione* Consente di assegnare al palo un vincolo alla rotazione in punta;
- *Piede: vincolo traslazione orizzontale* Consente di assegnare al palo un vincolo alla traslazione orizzontale in punta;
- *Piede: vincolo traslazione verticale* Consente di assegnare al palo un vincolo alla traslazione verticale in punta;
- *Piede: rigidezza traslazione verticale* Consente di assegnare al palo un vincolo elastico alla traslazione verticale in punta; tale valore è ottenuto dal prodotto *Area di base x Modulo di reazione verticale del terreno* alla quota di posa del piede del palo.

I dati contenuti nella cornice *Modello matematico* consentono la definizione della stratigrafia del terreno in cui è immerso il palo/i pali della fondazione. Nella tabella è possibile definire fino a 50 strati di terreno con differente modulo di reazione orizzontale e verticale del terreno (daN/cm³).

Il palo è caratterizzato da due tipi di molle elastiche verticali:

- una distribuita lungo il fusto (F/L³) che simula l'interazione terreno-palo per effetto dell'attrito laterale lungo il fusto,
- l'altra posizionata alla punta del palo (F/L) che simula l'interazione terreno-palo per effetto della portanza di base.

Essendo il sistema elastico lineare la loro determinazione avviene immaginando che esse lavorino in parallelo, quindi una volta determinate le portanze sia alla punta che laterale per attrito (la portanza laterale è da intendersi per ogni strato omogeneo) esse vengono per ogni strato omogeneo rapportate al cedimento totale del palo. Si avrà:

$$K_{v,punta} = \frac{Q_{amm,punta}}{W_{tot}} \qquad \qquad K_{v,laterale,i} = \frac{Q_{amm,laterale,i}}{S_{laterale,i} \cdot W_{tot}}$$
(operazione da farsi per ogni strato omogeneo)

Dove $S_{laterale,i}$ è la superficie laterale del palo che attraversa lo strato i esimo.

Il modulo di reazione del terreno stratificato viene applicato al palo mediante <u>una funzione continua z, k</u> <u>definita nel riferimento globale</u>. La definizione della funzione avviene assegnando una serie di quote a cui è associato il valore del modulo di reazione del terreno; essendo la funzione continua, la discontinuità presente tra uno strato di terreno e quello successivo, viene introdotta definendo due valori di quota ravvicinati aventi rispettivamente il valore di k del terreno precedente e di quello successivo (daN/cm³).

La rigidezza laterale equivalente del palo viene calcolata mediante il prodotto:

Diametro · lunghezza · Modulo di reazione orizzontale del terreno

La rigidezza verticale equivalente del palo viene calcolata mediante il prodotto:

Circonferenza · lunghezza · Modulo di reazione verticale del terreno

I dati riportati sopra vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico della fondazione.

Esempio di modellazione del modello matematico del palo derivante dalla stratigrafia.

- Primo strato da z = 0 a z = -200 k = 5
- Secondo strato da z = -200 a z = -400 k = 10
- per cui i valori da inserire nella stratigrafia saranno:

z = 0 k = 5 z = -200 k = 5

z = -201 k = 10 z = -400 k = 10

IIII Palo singolo in mezzo elastico

(vedere parametri comuni)

Plinto su palo

Nella finestra di definizione dei parametri del plinto su un solo palo, oltre ai parametri comuni a tutti i plinti su pali, sono presenti le seguenti caselle dati della cornice *Plinto*:

- Spessore Spessore del plinto di collegamento del pilastro al palo;
- Distanza bordo Distanza del baricentro del palo dal bordo del blocco;

- Opzione *plinto con bicchiere* Consente l'inserimento del bicchiere per pilastro prefabbricato, l'opzione attiva le caselle di testo contenute nella cornice *Bicchiere*:
 - Altezza esterna Spessore del bordo esterno del plinto;
 - Altezza interna Spessore del collo superiore del plinto;
 - *Base X* Dimensione in direzione x del collo del plinto;
 - *Base Y* Dimensione in direzione y del collo del plinto;
 - *Spessore inf.* Spessore inferiore del collo;
 - Spessore sup. Spessore superiore del collo.

	Modello matematico palo P.to Quota K orizz K verti	Plinto Spessore 0.0
Palo Diametro Lunghezza 0.0 Modulo elastico 0.0		Rotazione 0.0 Distanza bordo 0.0 Interasse princ. 0.0 Interasse sec. 0.0
Peso specifico 2.5000e-03	inserisci riga rimuovi riga reset setta rif. assegna rif. assegna a definiti Usa stratigrafia semplificata con coefficienti: KDo Kzo K0o Kzo Kv (attrito) 0.0 0.0 0.0 Testa: svincolo flessione Piede: vincolo traslazione orizzontale ♥ Piede: vincolo traslazione verticale	Biochiere Altezza esterna 0.0 Base X 0.0 Base Y Spessore inf. 0.0
	Piede: vincolo traslazione orizzontale Piede: vincolo traslazione verticale	Unità in uso: daN,cm

💵 🛯 🐨 🖉 🖉 🐨 🖉 🐨 🐨 🖉 Plinti su due o più pali

Nella finestra di definizione dei parametri del plinto su due o più pali, oltre ai parametri comuni a tutti i plinti su pali, sono presenti le seguenti caselle dati della cornice *Plinto*:

- Rotazione Angolo di rotazione in gradi del plinto su pali;
- Distanza bordo Distanza del baricentro del palo dal bordo del plinto;
- Interasse princ. Interasse dei pali in direzione X, considerata come distanza tra i baricentri di due pali successivi;
- Interasse sec. Interasse dei pali in direzione Y, considerata come distanza tra i baricentri di due pali successivi.

Plinto su quattro pali in mezzo elasti	co	×
Stringa identificativa Palo Diametro 0.0 Lunghezza 0.0 Modulo elastico 0.0 Peso specifico 2.5000e-03	Modello matematico palo P.to Quota K orizz K verti inserisci riga rimuovi riga reset setta if assegna if assegna if	Plinto Spessore 0.0 Rotazione 0.0 Distanza bordo 0.0 Interasse princ. 0.0 Interasse sec. 0.0 Plinto con bicchiere
	Usa stratigrafia semplificata con coefficienti: KDo Kzo No 0.0 Testa: svincolo flessione Piede: vincolo rotazione Piede: vincolo traslazione orizzontale Vincolo traslazione verticale Piede: rigidezza traslazione verticale	Altezza esterna 0.0 Altezza interna 0.0 Base X 0.0 Base Y 0.0 Spessore inf. 0.0 Spessore sup. 0.0 Unità in uso: daN,cm OK Annulla

Utilizzo del Modulo geotecnico

Il Modulo geotecnico consente la determinazione automatica dei seguenti parametri: Per le fondazioni superficiali:

- Winkler verticale Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) verticale (daN/cm³);
- Winkler orizzontale Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) orizzontale (daN/cm³):

Per le fondazioni su pali:

• Modello matematico del palo.

La definizione automatica dei parametri avviene nel Modulo geotecnico, associando ad ogni elemento strutturale di fondazione la relativa stratigrafia di terreno.

La definizione avviene nel Contesto di Introduzione dati, utilizzando i seguenti comandi:

1. Apertura del Modulo geotecnico e importazione automatica delle strutture di fondazione mediante il

comando 🕸 Dati struttura 🕨 Analisi geotecnica 🕨 Parametri strutturali; all'interno della finestra principale di lavoro è disponibile l'archivio delle stratigrafie.

- 2. Assegnare la stratigrafia di interesse agli elementi strutturali;
- 3. Attivare il comando mostazioni di calcolo per accedere alle finestre di definizione dei parametri di calcolo delle fondazioni superficiali e profonde.
- 4. Per eseguire il calcolo della costante attivare il comando

Calcolo e selezionare il tipo di fondazione:

5. Controllare i risultati riportati nella cartella 3333 Winkler fondazioni superficiali o fondazioni profonde.



6. Premere il comando Esci per uscire dalla sessione corrente di lavoro del Modulo geotecnico, eseguendo il controllo sul salvataggio, e ritornare alla sessione di lavoro di PRO SAP.

In PRO SAP gli elementi strutturali di fondazione acquisiscono i valori calcolati della costante di Winkler, in modo automatico (vedere cap. 24 del manuale di PRO SAP).

Prima utilizzare il comando Parametri strutturali potrebbe essere necessario eseguire il check dati della struttura attraverso il comando:



Contesto Check Dati struttura

Creazione e modifica dell'archivio delle fondazioni

Durante una nuova sessione di lavoro di PRO SAP è necessario, se non si utilizzano prototipi, per l'impiego di fondazioni speciali tipo plinto, plinto su pali o pali, generare l'archivio delle fondazioni.

Durante una nuova sessione di lavoro è possibile utilizzare un prototipo di default o da file contenente l'archivio di fondazioni standard o personalizzato, oppure generare ex-novo l'archivio con i seguenti comandi:

- 1. Attivare i comandi:
 - Dati struttura > Fondazioni Viene visualizzata la Tabella delle fondazioni.
- Definire con il contatore il numero di archivio della fondazione che si desidera inserire; 2.
- 3. Fare doppio Click con il mouse sul tasto della fondazione di interesse;
- 4. Viene visualizzata la finestra dati della fondazione selezionata, per l'inserimento delle caratteristiche geometriche della fondazione e meccaniche del terreno; premere il tasto Ok; premere il tasto Applica;
- 5. Per inserire un nuova fondazione, assegnare il numero di archivio con il contatore e ripetere i comandi definiti in precedenza.

Per la modifica di una fondazione dell'archivio:

- 1. Posizionarsi con il contatore sulla fondazione dell'archivio che si desidera modificare;
- 2. Fare doppio Click con il mouse sul tasto della nuova fondazione di interesse;
- 3. Viene visualizzata la finestra dati per l'inserimento delle caratteristiche della fondazione e del terreno; premere il tasto Ok, premere il tasto Applica.

Gestione della tabella fili fissi

I fili fissi vengono utilizzati per agevolare la modellazione della struttura e per consentire la corretta simulazione di eventuali disassamenti tra gli elementi.

PRO_SAP contiene un archivio di fili fissi predefiniti, a cui è possibile accedere dalla finestra di definizione delle proprietà degli elementi (vedi il capitolo *Definizione del prototipo: assegnazione delle proprietà degli oggetti*).

L'archivio dei fili fissi predefiniti può essere arricchito con altri fili fissi definiti dall'utente mediante la *Tabella dei fili fissi*.

L'allineamento verticale delle travi viene gestito in modo automatico dai moduli di disegno PRO_CAD Travi e PRO_CAD Pilastri:

- Per le travi di fondazione in PRO_CAD Disegno Travi viene posto automaticamente l'allineamento all'intradosso
- Per le travi di elevazione in PRO_CAD Disegno Travi viene posto automaticamente l'allineamento all'estradosso
- Per il disegno dei pilastri PRO_CAD Disegno Pilastri ricala automaticamente le travi (sia di elevazione che di fondazione), la quota del nodo inserita nel modello PRO_SAP è riportata nel disegno dei pilastri come quota di estradosso delle travi.

Non è necessario inserire le quote fisse per ottenere gli esecutivi coi suddetti allineamenti.

I fili fissi **hanno effetto sulle azioni** (a meno che si modifichino le preferenze attraverso il comando modifica → comandi avanzati → utilizzati solo per la carpenteria (nessun effetto sulle travi) pertanto va prestata particolare attenzione quando si utilizzino fili di tipo estradosso, intradosso o quota fissa e nel modello siano presenti solai con la proprietà "piano rigido" adiacenti alle travi.

I fili fissi definiti mediante la tabella permettono all'utente di definire qualunque tipo di disassamento o allineamento degli oggetti modellati.

La definizione dei fili fissi avviene all'interno della Tabella dei fili fissi, attivabile con i seguenti comandi:

- 🕸 Dati struttura 🕨 Fili fissi Viene visualizzata la Tabella dei fili fissi.
- La Tabella dei fili fissi contiene le seguenti tipologie di fili:
- Il filo fisso Allineamento per la gestione dei fili fissi orizzontali di uno o più oggetti 2D e 3D; permette di modificare la posizione di un'oggetto portandolo ad aderire ad una linea detta allineamento.
 I fili fissi di Allineamento possono essere generati automaticamente utilizzando il disegno architettonico

(vedere il cap. 5 Introduzione dati: generazione del modello della struttura).

• I fili fissi *Qx, Qxy* e *Quota fissa* vengono utilizzati per fissare la posizione dello spigolo di una pilastrata, in modo tale che questo formi un unico allineamento al variare delle sezioni della stessa.

Tabella dei fili fissi			×
A	03 04	Q12	Q23
Q41			1 404
Filo fisso corrente Filo fisso non definito			
Copia	Incolla	1	
Applica	Annulla		Elimina

Allineamento

Attraverso questo comando è possibile definire all'interno dell'archivio un filo fisso nel piano orizzontale che consente di assegnare ad uno o più elementi un offset di traslazione in direzione X o Y.

La definizione dell'allineamento avviene mediante l'inserimento delle coordinate dei punti iniziali (*x filo ini / y filo ini*) e finali (*x filo fin / y filo fin*) del segmento che rappresenta il filo fisso.

A tutti gli elementi a cui viene assegnato viene applicata una traslazione in direzione X o Y per consentire che uno dei suoi lati si appoggi all'allineamento definito, pur mantenendo inalterata la posizione del proprio asse.

Il verso di definizione delle coordinate dei punti dell'allineamento, stabilisce il lato dell'oggetto che si appoggia all'allineamento.



Per definire un allineamento è necessario attivare i seguenti comandi:

- 1. Fare doppio Click sul comando Allineamento
- 2. Nella finestra *Allineamento* inserire le coordinate (nel riferimento globale) del punto iniziale e finale del segmento che rappresenta, per uno o più elementi, il filo fisso, ovvero la corretta collocazione degli elementi strutturali. La definizione dell'allineamento avviene mediante l'inserimento nella apposita finestra delle coordinate dei due punti.

La linea tracciata sul piano X, Y definisce un filo fisso applicabile a tutti gli oggetti, attraverso il comando *Edita*, indipendentemente dalla loro quota.

- 3. Premere il tasto Ok; premere il tasto Esci;
- 4. Premere il tasto Applica.



F. fisso Q1 permette la gestione dell'offset di pilastri di spigolo.

La posizione dello spigolo viene definita mediante le coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il vertice sud-ovest del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto). Per la definizione del filo fisso è necessario attivare i seguenti comandi:

1. Fare doppio Click sul comando F.fisso Q1

- 2. Le coordinate dello spigolo possono essere assegnate direttamente nella finestra visualizzata mediante l'introduzione dei valori:
 - *x filo* Coordinata X nel sistema di riferimento globale dello spigolo del pilastro;
 - y filo Coordinata Y nel sistema di riferimento globale dello spigolo del pilastro;

In alternativa possono essere assegnate con riferimento relativo al punto di coordinate *x filo* e *y filo* mediante i seguenti valori:

- rel x filo Coordinata X relativa al punto di coordinate x filo;
- *rel y filo* Coordinata Y relativa al punto di coordinate *y filo*;
- 3. Premere il tasto Ok; premere il tasto Esci;
- 4. Premere il tasto Applica.

Quanti riportato sopra per il filo fisso Q1 vale anche per gli altri fili fissi tipo Qx.

fisso Q1	– 🗆 🗙
x filo = 0.0 y filo = 0.0	rel x filo = 0.0 rel y filo = 0.0
ОК	Esci

FIL O

ASSE

Q2

F. fisso Q2 permette la gestione dell'offset di pilastri di spigolo, mediante la definizione delle coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il vertice sud-est del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto).

F. fisso Q3 permette la gestione dell'offset di pilastri di spigolo, mediante la definizione delle coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il vertice nord-est del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto).

F. fisso Q4 permette la gestione dell'offset di pilastri di spigolo, mediante la definizione delle coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il vertice nord-ovest del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto).

F. fisso Q12 permette la gestione dell'offset dei pilastri posti lungo i lati della struttura.

Il medesimo effetto di spostamento può essere ottenuto anche mediante il filo fisso tipo allineamento.

di lato, mediante la definizione delle coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il punto centrale del lato sud del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto).

La posizione dello spigolo viene definita mediante le coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il vertice sud-ovest del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto).

Per la definizione del filo fisso è necessario attivare i seguenti comandi:

- 1. Fare doppio Click sul comando *F.fisso Q12*
- 2. Le coordinate dello spigolo possono essere assegnate direttamente nella finestra visualizzata mediante l'introduzione dei valori:
 - *x filo* Coordinata X nel sistema di riferimento globale dello spigolo del pilastro;
 - *y filo* Coordinata Y nel sistema di riferimento globale dello spigolo del pilastro;



In alternativa possono essere assegnate con riferimento relativo al punto di coordinate *x filo* e *y filo* mediante i seguenti valori:

- rel x filo Coordinata X relativa al punto di coordinate x filo;
- rel y filo Coordinata Y relativa al punto di coordinate y filo;
- 3. Premere il tasto Ok; premere il tasto Esci;
- 4. Premere il tasto Applica.

Quanto riportato sopra per il filo fisso Q12 vale anche per gli altri fili fissi tipo Qxy.

Q23

F. fisso Q23 permette la gestione dell'offset di pilastri di lato, mediante la definizione delle coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il punto centrale del lato est del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto).

F. fisso Q34 permette la gestione dell'offset di pilastri di lato, mediante la definizione delle coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il punto centrale del lato nord del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto).

Q41

F. fisso Q41 permette la gestione dell'offset di pilastri di lato, mediante la definizione delle coordinate (assolute nel riferimento globale) del punto su cui deve posizionarsi il punto centrale del lato ovest del pilastro (punto di incrocio delle linee rosse nell'immagine presente sul tasto).

I fili fissi tipo Qxy generano un allineamento virtuale passante per il punto relativo alle coordinate inserite e parallelo all'asse globale Z; tale filo fisso può essere assegnato a tutti gli oggetti che devono portarsi con lo spigolo sull'allineamento di interesse.

_

Quota fissa permette di modificare la posizione dell'oggetto in direzione Z globale. Questo filo fisso permette mediante l'inserimento di un valore della coordinata Z globale, di spostare l'oggetto di interesse fino a far coincidere l'estradosso di questo con il piano orizzontale virtuale generato alla quota Z.



Il filo fisso *Quota fissa* può essere utilizzato per gestire situazioni particolari tipo: platea nervata, soletta nervata, solaio misto, ecc.

N.B. Le linee per la definizione del filo fisso, vanno tracciate con verso orario.

In modo analogo è possibile definire più tipologie di filo fisso che, aggiunti ai fili predefiniti, vanno a formare l'archivio dei fili fissi.

Assegnazione del filo fisso ad uno o più elementi

Per l'assegnazione del filo ad uno o più elementi della struttura, è necessario agire nel seguente modo:

- 1. Definizione dell'archivio dei fili fissi; nel caso si sia caricato il prototipo di default, il programma predispone automaticamente l'archivio dei fili predefiniti.
- 2. Selezione degli elementi a cui si desidera assegnare un filo fisso; il filo agisce su tutti gli elementi selezionati.
- 3. Premere il tasto destro del mouse due volte, nella lista di comandi che viene visualizzata, premere il comando **Setta riferimento**, nella finestra che viene visualizzata attivare il filo fisso di interesse;
- 4. Chiudere la finestra e premere il tasto destro del mouse;
- 5. Attivare il comando Assegna filo
- 6. Premere, eventualmente, il comando **Solido veloce** per controllare il risultato dell'operazione.

Gestione dell'archivio carichi Solai e Coperture

I carichi di tipo automatico per solai e coperture, vengono utilizzati per agevolare la modellazione dei carichi tipici agenti sulle strutture.

L'impiego dei carichi automatici permette di introdurre contemporaneamente nel modello della struttura gli elementi solaio e i carichi relativi.

Nelle tipologie di carichi automatici a disposizione dell'utente è prevista la tipologia per solai e coperture con possibilità di operare una riduzione dei carichi, nel caso in cui la superficie sia ampia e non interamente caricata.

Nel caso, infatti, in cui si verifichino elementi strutturali quali travi, pilastri, pareti portanti, fondazioni, interessati da carichi variabili applicati su superfici ampie, da presumersi non caricate per intero contemporaneamente col massimo sovraccarico, il valore del sovraccarico, purché appartenente tutto alla stessa categoria, potrà essere mediamente ridotto su tali superfici.

Per definire gli archivi dei carichi tipici è necessario attivare la *Tabella dei carichi automatici* con i seguenti comandi:

🕸 Dati struttura 🕨 Solai e coperture Viene visualizzata la Tabella dei carichi automatici.

La Tabella dei carichi automatici contiene le seguenti tipologie di carichi:

- Carichi automatici per solai ;
- Carichi automatici per coperture;
- Carichi automatici con riduzione.

Contiene inoltre:

- La cornice di testo che contiene la descrizione della tipologia di carico corrente; questa descrizione può essere personalizzata dall'utente
- I tasti:
 Cania Dar

Copia Per effettuare la copia dei dati relativi al carico corrente;

Tabella dei carichi automatici X									
	and a second								
Carico automatic	o corrente								
Copia	Incolla	1 .							
Applica	Annulla	Elimina							

Incolla Per assegnare al carico corrente i dati memorizzati con il comando copia; Annulla Annulla l'operazione eseguita;

Elimina Permette di eliminare il carico corrente;

- Applica Inserisce il carico definito nell'archivio dei fili fissi, con il numero presente nel contatore;
- Il contatore dei carichi contenuti nell'archivio.

Per ogni tipologia di carico vengono riportati, nella relativa finestra per la definizione della entità dei carichi, a seconda della normativa impostata per il calcolo, i seguenti dati:

Dati comuni

- G1:peso proprio e perm. definiti Carico che comprende i pesi propri e i carichi permanenti compiutamente definiti:
- G2:permanenti NON definiti Carico che comprende i pesi permanenti non compiutamente definiti (ad esempio: tramezze);
- Sovraccarico variabile (attivo solo per solai di piano) Sovraccarico variabile per solai di piano;
- Sovraccarico neve (attivo solo per solai di copertura) Sovraccarico dovuto alla neve per solai di copertura:
- Fattore Ared (attivo solo per carico solaio speciale) Fattore di riduzione dell'area caricata complessiva (fissando ad esempio un valore 0.9 verrà considerato un valore di area di calcolo pari a 0.9*Area).

Carico solaio tipico	×	Carico copertura tipico	×
Stringa identificativa Dati di carico G1:peso proprio e perm. def 4.5000e-02 [daN/cm2] G2:permanenti NON definiti 1.0000e-02 [daN/cm2] Sovraccarico variabile 2.0000e-02 [daN/cm2] Coefficiente psi0 0.7 Coefficiente psi1 0.5 Coefficiente psi2 0.3 Autoportante 0.0 [daN/cm2] Generalità Categoria		Stringa identificativa Dati di carico G1:peso proprio e perm. def 5.0000e-02 [daN/cm2] G2:permanenti NON definiti 0.0 [daN/cm2] Sovraccarico neve 1.0000e-02 [daN/cm2] Coefficiente psi0 0.5 Coefficiente psi1 0.2 Coefficiente psi2 0.0 Autoportante 0.0 [daN/cm2] Giso:quota peso proprio is 0.0 [daN/cm2] Categoria ND	
	OK Annulla		OK Annulla

È possibile specificare una sola tipologia di carico variabile per ogni solaio. Nel caso del solaio di copertura il carico accidentale è obbligatoriamente la neve.

Dati per strutture con tecnologia TTRC

Autoportante (solo se si utilizzano travi con tecnologia PREM)



Consente di specificare se si tratta di un solaio autoportante oppure di un solaio puntellato. Nel caso di solai puntellati sarà necessario specificare la distanza del puntello nella casella delle proprietà di ciascun elemento D2.Definire l'archivio dei solai specificando la quota parte di peso che lavora secondo lo schema isostatico "G1:pp isos".

G1 iso: quota peso proprio isostatico (solo se si utilizzano travi con tecnologia PREM) Consente di specificare la quota parte di peso che lavora secondo lo schema isostatico.

Non va sommato al peso proprio, ma è una quota parte di esso, nella casella G1:peso proprio e perm. definiti va quindi assegnato in ogni caso il carico totale, che comprende i pesi propri e i permanenti compiutamente definiti.

DM 14 Gennaio 2008

Coefficiente psi0, psi1, psi2 (per progettazione dei solai agli Stati Limite Ultimi) Coefficienti moltiplicativi dei valori caratteristici delle azioni variabili (cap. 7 D.M. 09/01/96 oppure tabella 2.5.1 D.M. 14/01/08)

OPCM 3274

Coefficiente psi2 S Coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi permanente dell'azione variabile Qi definito nella tabella 3.4

• *Coefficiente fi S* Coefficiente che tiene conto della probabilità che tutti i carichi siano presenti sull'intera struttura in occasione del sisma, definito nella tabella 3.5.

DM 16 gennaio 1996

• *Coefficiente sismico. s* Coefficiente di riduzione del sovraccarico accidentale ai fini del calcolo sismico, vedi §C.6.11 (utilizzato solo se si eseguono analisi sismiche).

N.B. il coefficiente di riduzione s è attivo sui carichi variabili dell'archivio di riferimento. Nel caso si introduca un valore del coefficiente s diverso da 1 è necessario inserire il valore 1 nel coefficiente moltiplicatore del caso di carico **Qsk** o **Qnk** nella tabella di definizione dei casi di carico sismici.

Creazione e modifica dell'archivio dei carichi automatici

Durante una nuova sessione di lavoro di PRO_SAP è necessario, se non si utilizzano prototipi con carichi automatici già definiti, e si desidera generare contemporaneamente ai solai anche i relativi carichi, generare l'archivio dei carichi automatici.

Se si utilizza un prototipo di default o da file contenente l'archivio di carichi standard o personalizzato, è sufficiente passare alla fase di assegnazione degli archivi carichi agli elementi solaio, in caso contrario è necessario generare ex-novo l'archivio con i seguenti comandi:

1. Attivare i comandi:

🚳 Dati struttura 🕨 Solai e coperture Viene visualizzata la Tabella dei carichi automatici.

- 2. Definire con il contatore il numero di archivio del carico che si desidera inserire;
- 3. Fare doppio Click con il mouse sul tasto del carico di interesse, viene visualizzata la finestra dati del carico selezionato, per l'inserimento dei valori;
- 4. Modificare, se necessario, il nome del carico nella apposita finestra di testo, premere il tasto *Ok*; premere il tasto *Applica*.

Per la modifica di un carico dell'archivio:

- 1. Posizionarsi con il contatore sul carico dell'archivio che si desidera modificare;
- 2. Fare doppio click con il mouse sul tasto della nuova tipologia di carico di interesse;
- 3. Viene visualizzata la finestra dati per l'inserimento dei nuovi valori dei parametri;
- 4. Premere il tasto *Ok*, Premere il tasto Applica.

Gestione dell'archivio isolatori

Dal contesto Introduzione dati attraverso il comando [®] Dati struttura → Isolatori è possibile inserire l'archivio degli isolatori sismici.

Califying might contain			×
D. [Sign In(D) [Sign <th>Ap L 1 0 85 125 86 126 86 136 86 136 86 136 86 136 80 2000</th> <th>L ST SZa SZa SZa Health Fs Ny Scores Seconswet Raggin rea at bit page 0 0 8 0 68 409 GC2008 Ns 0</th> <th>rar Paue 0 0 0 1000</th>	Ap L 1 0 85 125 86 126 86 136 86 136 86 136 86 136 80 2000	L ST SZa SZa SZa Health Fs Ny Scores Seconswet Raggin rea at bit page 0 0 8 0 68 409 GC2008 Ns 0	rar Paue 0 0 0 1000
<	Rinaovi utio	/ Tepostacterie del Isoletose Del recessari per l'associatore delle analizi Histoli Xa/Iv-Sicoles. Per recleta Fisches Perdata el recelar el Regio e sur et del de e Sicole valori escisi.	
	Schille	Der recenciar per la progeta dell'activato dell'Approtato Galaccia [4.1.46.5150:135 colorida (ed programos AL in processo inpendent) Der recenciar per la mellos dell'ordana gancar e toto (otto a dari di progena) Del recenciar anno concelo (Environnecto) e proce Undo di mesos dell'e con doptica	Avendar [

All'interno della finestra Catalogo degli isolatori sono presenti i seguenti comandi:

- Aggiungi Comando che consente di inserire una nuova riga di dati;
- *Rimuovi* Comando che consente di cancellare una riga di dati;
- *Rimuovi tutto* Comando che consente di cancellare tutte le righe inserite;
- *Leggi file* Comando che consente di importare all'interno del programma un file in formato *csv;*

• *Scrivi file* Comando che consente di esportare in un file *csv* il catalogo degli isolatori sismici definiti all'interno del programma.

Per ulteriori dettagli sulla modellazione degli isolatori si veda il capitolo 25 del presente manuale *"Isolatori Sismici Elastomerici"* e gli esempi dedicati agli isolatori presenti nel *Manuale di affidabilità* disponibile all'indirizzo <u>http://www.2si.it/software/Affidabilità.htm</u>

Gestione dell'archivio Pannelli XLAM

Dal contesto *Introduzione dati* attraverso il comando [®] Dati struttura → *Pannelli XLAM* è possibile inserire l'archivio dei pannelli XLAM.

ID Sigls H. strat Coeff. disatence Dim. tavids 1 tar.k (noclagg., Latinoclas) n 1 MLAN Variate 3 1 10 10 25 Si n 2 MLAN Brazent. 5 1 10 10 25 Si MLAN Brazent. 5 1 10 10 25 Si MLAN Brazent. 5 1 10 10 25 Si	Catalogo pannelli XLAM							
1 34.04 Vesticale 3 1 10 10 25 5i 10 10 25 5i 10 10 10 10 25 5i 10 10 10 25 5i 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 <	ID Sigla	N. ettal	Coeff. di sistema	Din, tavola 0	Din tavda 1	t kork F	noollagg. 1	atiincolati
Agoung Bisson Bisson toto Spesson Bisson toto	n 1 XLAM Verticale n 2 XLAM Brizzerk] 5	1	10 10	10 10	33		1
Imposto studigrafis E1 eq E2 eq Meq Imposto studigrafis E1 eq E2 eq 6 eq Units: [.]=cn : [F]=daN [1]Calcestructor Classie C25/30 [1]Calcestructor Classie C25/30	And and a sub-	Agoung R	Bincovi Lincovi tuto	Valos suggert Spenore Materiale:	i per la modell 15.0	atione Peso spr	5000e0	l
Pareli [67460.0 [46220.0 [6900.0] Address Units: [.]=cn : [F]=deN [[1]Celorethuzin: Classe C25/30	A DESTRUCTION OF THE OWNER OWNER OF THE OWNER OWNER OF THE OWNER OWNER OF THE OWNER OWNE	imp.	os la straligrafia	Gunci e solai	87999.6 E1 sq	25910.4 E2.eq	6900.0 G eq	Annythe
Unity [.]-cn : F]-dol Unity [.]-cn : F]-dol	THE N	1		Pareti	67480.0	46220.0	6300.0	Anisedist it
Same Structure of Strain Rectar	A DESCRIPTION OF THE OWNER OWNER OF THE OWNER OWNER OF THE OWNER OWNER OWNER OWNER OWNER OWNER OWNER OWNER OWNER OWNE OWNER	1.	and the second se	1 Clarate and the	and Aldere Party			-

All'interno della finestra Catalogo dei pannelli XLAM sono presenti i seguenti comandi:

- Aggiungi Comando che consente di inserire una nuova stratigrafia;
- *Rimuovi* Comando che consente di cancellare la stratigrafia corrente;
- *Rimuovi tutto* Comando che consente di cancellare tutte le righe presenti;
- *Imposta stratigrafia* Comando che consente di accedere alla finestra per la definizione della stratigrafia.

Per ulteriori dettagli sulla modellazione dei pannelli XLAM si veda il capitolo 13 del presente manuale *"Progettazione elementi strutturali in legno".*

Gestione dell'archivio interventi di consolidamento

Dal contesto Introduzione dati attraverso il comando atti struttura -> Interventi di consolidamento è possibile inserire l'archivio degli interventi di consolidamento per cemento armato e muratura.

Rinforzi di travi e pilastri con camicie in acciaio

Il comando *Rinforzi acciaio cls* permette di definire l'archivio delle incamiciature in acciaio applicabili a pilastri e pareti in c.a.

All'interno della finestra Schemi di rinforzo travi e pilastri con camicie in acciaio (metodo CAM) sono presenti i seguenti comandi:

- Aggiungi Comando che consente di inserire un nuovo rinforzo;
- *Rimuovi* Comando che consente di cancellare il rinforzo corrente;
- *Rimuovi tutto* Comando che consente di cancellare tutte le righe presenti;
- *Leggi file* Comando che consente di importare all'interno del programma un file in formato *csv;*
- *Scrivi file* Comando che consente di esportare in un file *csv* il catalogo dei rinforzi definiti all'interno del programma.

2	Sigla	Argolare	Area	Lato	Spenne	Access	bk:	Sperco	Alterra	Pannt.	n Faxou	Accielo	hys.	ßk:	114208
1	Rinfpox	Ahe	720.00	60.00	6.00	Alm	235.00	0.90	1900	50.00	1. 3	Alto	235.00	360.00	30.00
	E	III		Aggiungi Pilo] Liovi tuda	DVI	Impostation Definis i v L'arconetti - Epergip a	e dati inforz akai di inforz a pilo interne p plicazione k	se det infor consideratio arreute insee	os La recilepía situcendo lo ko gazda Pieturo (s	tà indice il i nilone di io enere 300-	namens di Usea 2000 n 300	redriper spic	n (per i cale	etrelli 1)
		IF	-	Leggifie	Saw	a.	Resistenzi kan	15.0	-	Confinement	Noc (DBA o: 0.000 Teglioria	7.6) Ex 0 eve T	ou % (C84,7.8 000 aglio pilanteo	E.	

Per ulteriori dettagli sulla modellazione degli interventi di rinforzo per edifici in cemento armato si veda il capitolo 24 del presente manuale "Verifica edifici esistenti".

Rinforzi FRP cemento armato

Il comando *Rinforzi FRP cls* permette di definire l'archivio dei rinforzi applicabili su elementi in c.a.

5 Scherre	al references	an FRF												
15 n.1	Sigle Roraier,	<u>Specices</u> 0.17	E 230000.00	1,40	Oversone unioxikate	Too apple abore tipo A	Espensione interna	Fibra (Jaba)	64a a 0.95	Lorgtema a R 08	1034230	Logherre Verve 7/2 200.08	Parre lance (22) 408.00	r ragge confinamento 20:00
		100		Assis	e	Dimarri da	Inectiations o Define i rato Legi-ecca faet	lati árðaur 6 di artaur	e use del co	orgasta Pw f	appleators	e diwifwto ataglio e c	ordinanserius specia	самерани в
				Leggi	He	Solid Ne	Composition Resistences Iten Ancomegon otherwise La	150 00	le ses	Respons Respons Incrementé (KM)	Etali (31) Coco Teglio te Do	e Jobeldo e Jobeldog Certinensorie ve Teglorpilete [00	Eccult (2.43) D000 Topic rodo 00 Armal	Aggicana J

All'interno della finestra Schemi di rinforzo con FRP sono presenti i seguenti comandi:

- Aggiungi Comando che consente di inserire un nuovo rinforzo;
- *Rimuovi* Comando che consente di cancellare il rinforzo corrente;
- *Rimuovi tutto* Comando che consente di cancellare tutte le righe presenti;
- *Leggi file* Comando che consente di importare all'interno del programma un file in formato *csv;*
- *Scrivi file* Comando che consente di esportare in un file *csv* il catalogo dei rinforzi definiti all'interno del programma.

Per ulteriori dettagli sulla modellazione degli interventi di rinforzo per edifici in cemento armato si veda il capitolo 24 del presente manuale "Verifica edifici esistenti".

Rinforzi FRP muratura

Il comando *Rinforzi FRP muratura* consente di definire l'archivio dei rinforzi applicabili sulle murature.

🔳 Schr	mi di nat	969 699	FRI															~
Ð	Sigla	Sper.	E	eptr %	epi d	Tipo	Espo.	Fibra	e4a a	tong.	U lot	O pa	Vilag.	V pas	Vare.	V offs.	Ueo	11000
nt	Fiblor.	0.17	2300.	1,40	0.00	Npo A	interna	carbo.	0.95	0.00	200.00	500.00	200.00	500.00	0.00	150.00	No	20.00
			KIT	A. (A	ggiungi Bira	Rin Anni tudto	niami	Impach Definir sutors	ecione di e ivaloti etico. Pe	dirinforza di nepesse r l'appleate	del compo	osita La de Aigeedice Isterna i	fom adone re passo or	d proge	to or nul	o, vieno d Larginezza	elinita in e cinita a	NĀ.)
		1	1	<u>1</u>	aggirlla	Sci	Nillia	Per gl Esarr Resi	element più appli tenza	i plastro spe icazione loin gamma M	añcare se Isle 4.2 e A	il compani 4 3 linee g nooteopio	lo si applici uida CSLLF Tennior	viin anak P	ogia alle p Dilatasion	andi o coa	re confina	nento.
1		1						trik 3.0		20	- 10	tindelle 10	Frd Dig		Epsid % 0.000		Aggine	-
				1000				ll ntà di i	nik Mati u	likzare N e i	m					Annu	4 I.	Applica

All'interno della finestra Schemi di rinforzo con FRP sono presenti i seguenti comandi:

- Aggiungi Comando che consente di inserire un nuovo rinforzo;
- *Rimuovi* Comando che consente di cancellare il rinforzo corrente;
- *Rimuovi tutto* Comando che consente di cancellare tutte le righe presenti;
- Leggi file Comando che consente di importare un file in formato csv;
- *Scrivi file* Comando che consente di esportare in un file *csv* il catalogo dei rinforzi definiti all'interno del programma.

Per ulteriori dettagli sulla modellazione dei rinforzi FRP si veda il capitolo 12 del presente manuale *"Progettazione elementi strutturali in muratura".*

Capitolo 4

Introduzione dati: generazione del modello della struttura

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle opzioni per la realizzazione del modello della struttura.

Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Generazione del modello della struttura
- Modellazione della struttura mediante introduzione dei nodi Barra per la generazione dei nodi
- Modellazione della struttura mediante introduzione degli elementi Barra per la generazione degli elementi D2 Barra per la generazione degli elementi D3
- Modellazione della struttura mediante utilizzo dei generatori Generazione di una capriata Generazione di un telaio Generazione di una piastra Generazione di un guscio Generazione di un arco Generazione di una parete con foro ad arco Generazione di aperture in muri Generazione di muri e telai Generazione di una cupola geodetica
 Modellazione della struttura mediante importazione di un disegno Utilizzo di file DXF Proprietà del disegno DXF Importazione di file DXF
 - Utilizzo del disegno per la generazione automatica di nodi ed elementi della struttura Impostazioni per la generazione delle mesh
- Utilizzo del disegno per la generazione automatica dell'archivio dei fili fissi
- Modellazione della struttura mediante l'importazione di dati
- Il pannello degli strumenti di selezione

Generazione del modello della struttura

I modelli realizzati con PRO_SAP sono composti da oggetti: elementi D2, elementi D3, nodi, solai, ecc. e da altre componenti come vincoli rigidi, elastici, svincoli, fondazioni, ecc.., allo scopo di simulare il reale comportamento della struttura e rispondere, quindi, alle esigenze della progettazione strutturale.

Ogni oggetto inserito è un'entità individuale che può essere spostato, copiato, ridimensionato assieme o indipendentemente dagli altri oggetti presenti nel modello della struttura.

Questo capitolo presenta le metodologie di generazione del modello della struttura.

Nonostante la facilità e la flessibilità delle operazioni di generazione e modifica del modello, durante le operazioni di introduzione dei dati è opportuno tenere conto di alcuni importanti comandi tipici dell'ambiente di lavoro Windows:

Annulla: annulla l'ultima operazione;

Ripristina: ripristina l'operazione precedentemente annullata;

Taglia: taglia gli oggetti selezionati e li colloca nella cartella degli Appunti di Windows;

Copia: copia gli oggetti selezionati e colloca la copia nella cartella degli Appunti di Windows;

Incolla: inserisce nel documento il contenuto degli Appunti di Windows.

Cancella: cancella i nodi e/o gli elementi selezionati; questo comando attiva un menù a cursore che riporta le possibilità di cancellazione a disposizione dell'utente:

- > Nodi ed Elementi Elimina i nodi e gli elementi selezionati;
- > Solo Nodi Elimina i nodi selezionati;
- > Nodi con Elementi Elimina i nodi selezionati e gli elementi ad esso connessi;
- > Solo Elementi Elimina gli elementi selezionati;
- > Elementi con nodi Elimina gli elementi selezionati e i nodi ad esso connessi;

Prima di procedere con la modellazione è importante ricordare che gli elementi possono comunicare tra di loro solo attraverso **nodi in comune**. Le forze saranno trasferite tra gli elementi nell'immagine di destra, ma non nell'immagine di sinistra





- Gli elementi finiti di tipo D2 forniscono sempre soluzioni accurate:
 - Gli elementi trave hanno 6 gradi di libertà per ogni nodo
 - Gli elementi asta hanno 3 gradi di libertà per ogni nodo
- Gli elementi finiti di tipo D3:
 - Gli elementi di tipo Shell hanno 5 gradi di libertà per ogni nodo
 - Gli elementi di tipo membrana hanno 3 gradi di libertà per ogni nodo
 - L'accuratezza del risultato dipende dalla dimensione della mesh.
- Gli elementi solaio
 - Sono un aiuto per la modellazione: il loro scopo principale è assegnare i carichi alla struttura
 - Se l'opzione "piano rigido" è attivata, la rigidezza dei solai è modellata con elementi finiti di tipo membrana che hanno il materiale e lo spessore indicati nella tabella delle proprietà del solaio
- Gli elementi finiti di tipo **solido**:
 - Hanno 3 gradi di libertà per ogni nodo
 - L'accuratezza del risultato dipende dalla dimensione della mesh

In PRO_SAP è possibile realizzare il modello della struttura operando secondo filosofie di lavoro che possono essere riassunte nelle seguenti:

- Modellazione della struttura mediante introduzione dei nodi della struttura;
- Modellazione della struttura mediante introduzione degli elementi
- Utilizzo dei generatori automatici di strutture;

Importazione di dati, strutture o disegni.

Le quattro filosofie di lavoro sopra elencate non sono alternative ma complementari, in quanto possono essere abitualmente impiegate nella medesima sessione di lavoro, in base al tipo di operazione di modellazione da realizzare e alle preferenze dell'utente.

N.B. Il programma prevede due distinte misure angolari.

Per le operazioni di editing, di controllo armature ecc. si utilizzano gradi sessagesimali. I risultati delle analisi (rotazioni) i carichi (spostamenti impressi) e le rigidezze (vincoli elastici) sono espressi in radianti.

Modellazione della struttura mediante introduzione dei nodi

La definizione della geometria del modello che idealizza la struttura reale viene effettuata piazzando dei nodi sulla struttura in corrispondenza di punti caratteristici. Nel posizionare i nodi sulla struttura bisogna tenere presente alcune considerazioni:

- gli elementi finiti comunicano tra di loro attraverso i nodi; il programma avverte con un messaggio se un elemento ha dei nodi intermedi e li seleziona: è necessario intersecare gli elementi in corrispondenza dei nodi per avere continuità materiale
- il numero dei nodi deve essere sufficiente a descrivere la geometria della struttura. Ad esempio in corrispondenza dell'innesto trave-pilastro, dei cambi di direzione, ecc.
- si devono mettere nodi in tutti i punti che si intendono vincolare
- nel caso di strutture bidimensionali (piastre, lastre, ecc.) la suddivisione (mesh) in elementi finiti bidimensionali deve essere sufficientemente fitta per cogliere le variazioni di sforzo o di spostamento

Ogni nodo è individuato dalle proprie coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X, Y, Z).

Ad ogni nodo può essere associato: un codice di fondazione (plinto, palo, plinto su pali), un layer, un isolatore sismico, un codice di vincolo rigido e un codice di vincolo elastico.

Comandi per l'introduzione dei nodi

Le operazioni d'introduzione dei nodi sono effettuate mediante l'utilizzo dei comandi contenuti nel pannello "Genera"

Barra per la generazione dei nodi

I comandi contenuti nel menù a discesa *Nodi* permettono di generare uno o più nodi in base ai parametri richiesti nelle rispettive finestre.

Nodo singolo Genera un nodo singolo mediante l'assegnazione delle sue coordinate assolute nel riferimento globale o relative ad un punto o nodo di coordinate note.

- Per introdurre un nodo in coordinate assolute:
- 1. Attivare il comando Nodo singolo;
 - 2. Introdurre nelle apposite caselle dati (*x nodo, y nodo, z nodo*) le coordinate del nodo da generare; premere *Ok*. Premere *Esci*.
- Per introdurre un nodo in coordinate relative ad un punto noto:
 - 1. Attivare il comando *Nodo singolo*;
 - Fare click con il tasto sinistro del mouse sul nodo di riferimento o introdurre nelle apposite caselle dati le coordinate del punto/nodo di riferimento (*x nodo, y nodo, z nodo*);
 - 3. Introdurre nelle apposite caselle dati (*dx nodo, dy nodo, dz nodo*) le coordinate relative del nodo da generare rispetto al punto/nodo di riferimento; premere Ok. Premere *Esci*.



-	Posizione	
	Х	0.000000
	γ	0.000000
	Z	0.000000
	Generalità	
	Fondazione	Fondazione no
	Layer	Layer 0
	Isolatore	Isolatore non p
-	Codici di vinco	lo rigido
	TX 📃	
	TY T	
	TZ TZ	
	RX	
	RY RY	
	RZ	
-	Vincoli elastici	
	TX	0.000000
	TΥ	0.000000
	TZ	0.000000
	RX	0.000000
	RY	0.000000
	RZ	0.000000
-	Aiuti 3D	
	📃 Linea X	
	📃 Linea Y	
	📃 Linea Z	

Nel caso sia stato inserito un nodo singolo mediante le coordinate x nodo, y nodo, z nodo, è possibile inserire un nuovo nodo in coordinate relative a questo, con i valori dx nodo, dy nodo, dz nodo.

Generazione di una serie di nodi

Genera una serie di n nodi compresa tra due punti/nodi di coordinate note.

Per introdurre una serie di nodi:

- 1. Attivare il comando Serie di nodi;
- 2. Introdurre le coordinate iniziali nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini*), facendo click con il mouse sul nodo iniziale, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto iniziale non coincide con un nodo esistente;
- 3. Ripetere le analoghe operazioni per le coordinate finali (x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin);
- 4. Inserire il numero dei nodi (numero nodi) comprensivo del primo e dell'ultimo nodo;
- 5. Se si attiva il comando *Progressione* con *SI*, le distanze tra i nodi della serie aumentano, a partire dal nodo iniziale, con progressione 2;
- 6. Premere Ok, premere Esci.



Generazione di una griglia di nodi

Genera una griglia di nodi compresa tra due allineamenti, entrambi definiti da due punti/nodi di coordinate note.

Per introdurre una griglia di nodi:

- 1. Attivare il comando Griglia di nodi;
- 2. Introdurre le coordinate iniziali e finali dei punti o nodi dei due allineamenti nelle apposite caselle dati (*x lato 1 ini, y lato 1 ini, z lato 1 ini, x lato 1 fin, y lato 1 fin, z lato 1 fin, z lato 1 fin, j lato 1 fin, z lato 1 fin,*
- 3. Inserire il numero di nodi sul lato 1 (primo lato inserito) nella casella numero lato;
- 4. Inserire il numero di nodi sul lato 2 (secondo lato inserito) nella casella numero 1-2;
- 5. Premere Ok; premere Esci.



Generazione di un'elica/circonferenza di nodi

Genera un insieme di nodi disposti con andamento elicoidale o circolare.

Per introdurre un'elica di nodi:

- 1. Attivare il comando Elicoidale;
- Introdurre le coordinate del centro (*centro x, centro y, centro z*) facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto non coincide con un nodo; l'elica ha inizio alla quota del centro e si sviluppa secondo l'asse z positivo;
- 3. Inserire con il nella casella raggio il valore del raggio dell'elica;
- 4. Inserire nella casella *altezza* il valore dell'altezza dell'elica; per realizzare una circonferenza di nodi nel piano XY porre *altezza* = 0.
- 5. Inserire nella casella div. circonf. il numero di nodi in cui suddividere l'elica o la circonferenza;
- 6. Premere Ok; premere Esci.

Generazione di un nodo intersezione

Genera un nodo nel punto di intersezione tra due allineamenti, entrambi definiti da due punti/nodi di coordinate note.

Per introdurre un nodo intersezione:

- 1. Attivare il comando Nodo intersezione;
- 2. Introdurre le coordinate iniziali e finali dei punti o nodi dei due allineamenti nelle apposite caselle dati (*x* nodo ini L1, *y* nodo ini L1, *z* nodo ini L1, *x* nodo fin L1, *y* nodo fin L1, *z* nodo ini L2, *y* nodo ini L2, *y* nodo fin L2, *z* nodo fin L2, *x* nodo fin L2, *y* nodo fin L2, *z* nodo fin L2, *x* nodo fin L2, *y* nodo fin L2, *x* nodo fin
- 3. Premere Ok; premere Esci.

Nodo piano-retta

Genera un nodo nel punto di intersezione tra un piano, definito mediante tre punti/nodi, e una retta, definita da due punti/nodi.

Per introdurre un nodo intersezione piano-retta:

1. Attivare il comando Nodo piano-retta;

- 2. Introdurre le coordinate dei tre punti di definizione del piano (x nodo 1, y nodo 1, z nodo 1, xnodo 2, y nodo 2, z nodo 2, x nodo 3, y nodo 3, z nodo 3) e dei due punti di definizione della retta (x nodo ini L1, y nodo ini L1, z nodo ini L1, x nodo fin L1, y nodo fin L1, z nodo fin L1, x nodo fin L1, y nodo fin L1, z nodo fin L1, x nodo fin L1, y nodo fin L1, z nodo fin L1, x nodo fin L1, y nodo fin L1, z nodo fin L1, x nodo fin L1, y nodo fin L1, z nodo fin L1, z nodo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti.
- 3. Premere Ok; premere Esci.

Generazione di un nodo allineato a due punti o nodi, definito con distanza relativa

Genera un nodo allineato ad una coppia di punti o nodi di coordinate note con distanza, dal nodo/punto iniziale, relativa alla distanza tra i due punti o nodi.

Per introdurre un nodo allineato con distanza relativa:

- 1. Attivare il comando Nodo relativa;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Introdurre nella casella *dist. relativa* il valore che rappresenta il moltiplicatore della distanza tra i due punti o nodi di coordinate note, premere *Ok*; premere *Esci*.



Generazione di un nodo allineato a due punti o nodi, definito con distanza assoluta

Genera un nodo allineato ad una coppia di punti o nodi di coordinate note, con distanza assoluta rispetto al nodo/punto iniziale.

Per introdurre un nodo allineato con distanza assoluta:

- 1. Attivare il comando Nodo assoluta;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Introdurre nella casella dist. assoluta il valore della distanza rispetto al nodo/punto iniziale
- 4. Premere Ok; premere Esci.

La distanza è sempre presa a partire dal nodo iniziale (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini*).

Generazione di un nodo allineato con riferimento ad una direzione data e ad un punto/nodo dato

Genera un nodo allineato ad una coppia di punti o nodi di coordinate note, con riferimento ad una direzione e ad un punto/nodo dato.

Questo comando permette di ottenere un nodo, allineato ad una coppia di punti/nodi di coordinate note, la cui posizione, espressa come distanza relativa tra i due punti/nodi, e considerata a partire dal nodo/punto iniziale, viene calcolata mediante il moltiplicatore ottenuto dal riferimento.

Il riferimento viene assegnato mediante le coordinate del nodo iniziale e finale dell'allineamento di riferimento, e la posizione (coordinate) del punto di riferimento (punto sull'allineamento di riferimento).

In base alla posizione del punto di riferimento, rispetto ai nodi dell'allineamento di riferimento, viene calcolato il moltiplicatore della distanza.

Per introdurre un nodo allineato con riferimento:

- 1. Attivare il comando Nodo riferimento;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale, dell'allineamento principale, nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi;
- Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale, del riferimento, nelle apposite caselle dati (*x rif ini, y rif ini, z rif ini, x rif fin, y rif fin, z rif fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 4. Introdurre le coordinate del punto di riferimento sull'allineamento di riferimento (x riferimento, y riferimento), premere Ok; premere Esci.



Generazione di un nodo proiettato su una direzione data

Genera un nodo come proiezione di un altro nodo su una direzione individuata da una coppia di punti o nodi di coordinate note.

Per introdurre un nodo proiettato:

1. Attivare il comando Nodo proiezione;

- Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale, del segmento che individua la direzione su cui si desidera la proiezione del nodo riferimento, nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Fare click sul nodo riferimento (nodo di cui si desidera la proiezione) per catturare in modo automatico le sue coordinate, oppure inserire le stesse nelle apposite caselle (*x riferimento*, *y riferimento*, *z riferimento*), premere *Ok*, premere *Esci*.



Generazione di un nodo ruotato sul piano orizz. e/o verticale rispetto ad una direzione data

Genera un nodo con posizione pseudoruotata, in orizzontale e/o verticale, rispetto ad una direzione di riferimento.

Per introdurre un nodo con pseudorotazione:

- 1. Attivare il comando *Pseudo-rotazione*;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale del segmento che rappresenta la direzione di riferimento, nelle relative caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin, sono coincidenti a nodi esistenti; il punto o nodo iniziale della direzione di riferimento rappresenta anche il punto o nodo attorno a cui avviene la pseudorotazione; il punto o nodo finale della direzione di riferimento rappresenta anche il punto o nodo di cui si desidera la pseudorotazione;*
- 3. Introdurre il valore della rotazione orizzontale (*rot. oriz.*) e/o verticale (*rot. vert.*) nelle apposite caselle, premere *Ok*; premere *Esci.*



🌃 Generazione di un nodo mediante coordinate assegnate in un sistema di riferimento locale

Genera un nodo mediante coordinate date in un sistema di riferimento locale, definito assegnando le coordinate dell'origine e la direzione degli assi locali.

- Per introdurre un nodo con sistema di riferimento locale:
- 1. Attivare il comando Nodo rif. locale;
- 2. Introdurre le coordinate dell'origine del riferimento locale nelle apposite caselle dati (*x origine, y origine, z origine*), facendo click con il mouse sul nodo esistente, oppure introducendo i valori da tastiera;
- Introdurre le coordinate dei due assi del riferimento locale nelle apposite caselle dati (*x locale X1, y locale X1, z locale X1; x locale Y1, y locale Y1, z loc*
- 4. Introdurre le coordinate locali del nodo nelle apposite caselle dati (*X1 nodo, Y1 nodo, Z1 nodo*), premere *Ok;* premere *Esci.*

糖

Generazione di un nodo mediante coordinate relative assegnate in un sistema di riferimento locale

Genera un nodo mediante coordinate relative date in un sistema di riferimento locale, definito assegnando le coordinate dell'origine e la direzione degli assi locali, rispetto ad un punto o nodo di riferimento. Per introdurre un nodo in coordinate relative in un sistema di riferimento locale:

- 1. Attivare il comando *Relativo locale*;
- 2. Introdurre le coordinate dell'origine del riferimento locale nelle apposite caselle dati (*x origine, y origine, z origine*), facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera;
- Introdurre le coordinate dei due assi del riferimento locale nelle apposite caselle dati (*x locale X1, y locale X1, z locale X1; x locale Y1, y locale Y1, z loc*
- 4. Introdurre le coordinate del nodo di riferimento nelle apposite caselle dati (*x riferimento, y riferimento, z riferimento*), facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera;
- 5. Introdurre le coordinate relative del nodo da inserire, nel riferimento locale, nelle apposite caselle dati (*variazione X1, variazione Y1, variazione Z1*), premere *Ok*; premere *Esci.*



Generazione automatica dei nodi da file DXF una volta importato un disegno in formato DXF questo comando trasforma automaticamente le estremità delle linee e le entità "punto" in nodi strutturali.



Generazione automatica dei nodi da allineamento una volta inseriti degli allineamenti, questo comando trasforma automaticamente le intersezioni degli allineamenti in nodi strutturali.

Modellazione della struttura mediante introduzione degli elementi

La modellazione della struttura avviene come insieme di elementi, collegati tra loro in punti chiamati nodi. Gli elementi con nodi in comune sono considerati, di default, collegati in modo tale da ottenere il ripristino della continuità. Per inserire delle cerniere interne è necessario assegnare degli "svincoli" agli elementi.

Definizione del riferimento (elemento prototipo)

La definizione dell'elemento prototipo è un'operazione importante per semplificare la procedura di modellazione di una struttura.

Il prototipo fornisce un gruppo di proprietà che il programma assegna in modo automatico agli elementi che sono progressivamente introdotti nel modello. Definito un gruppo di elementi, l'utente può modificare una o più proprietà del prototipo e quindi introdurre un nuovo set di elementi.

La definizione del prototipo può essere realizzata attraverso il comando *Setta* per ognuna delle categorie di elementi a disposizione: *Nodi, elementi D2, elementi D3, Solidi, Solai.* In funzione della scelta effettuata si aprirà la relativa finestra di definizione del prototipo che riporta le proprietà modificabili dall'utente in base agli archivi predisposti.

Barra per la generazione degli elementi D2

I comandi contenuti nella *Barra per la generazione degli elementi* D2 permettono di generare uno o più elementi D2 in base ai parametri richiesti nelle rispettive finestre.

Generazione di un singolo elemento D2

Genera un singolo elemento D2 compreso tra due punti o nodi di coordinate note. Per introdurre un elemento D2:

- 1. Attivare il comando Elemento D2;
- 2. Introdurre le coordinate iniziali nelle apposite finestre dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini*), facendo click con il mouse sul nodo iniziale, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto iniziale non coincide con un nodo esistente;
- 3. Ripetere le analoghe operazioni per le coordinate finali (*x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin*); premere *Ok*; premere *Esci.*

Generazione di un singolo elemento D2 riferito ad un punto/nodo assegnato

Genera un singolo elemento D2 tra due nodi/punti, di cui il primo di coordinate note e il secondo con posizione assegnata mediante coordinate relative al primo nodo.

Per introdurre un elemento D2:

- 1. Attivare il comando Elemento D2 da nodo;
- 2. Introdurre le coordinate iniziali del primo nodo nelle apposite caselle dati (*x nodo, y nodo, z nodo*), facendo click con il mouse sul nodo iniziale, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto iniziale non coincide con un nodo esistente;
- 3. Introdurre nelle apposite caselle dati (*dx nodo, dy nodo, dz nodo*) le coordinate del secondo nodo dell'elemento, relative al primo nodo precedentemente definito. Premere *Ok*; premere *Esci.*

Generazione di una serie di elementi D2 allineati

Genera una serie di n elementi D2 allineati, compresa tra due punti o nodi di coordinate note.

- Per introdurre una serie d'elementi D2:
- 1. Attivare il comando Serie D2;
- 2. Introdurre le coordinate iniziali nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini*), facendo click con il mouse sul nodo iniziale, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto iniziale non coincide con un nodo;
- 3. Ripetere le analoghe operazioni per le coordinate finali (x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin);
- 4. Inserire il numero degli elementi D2; se si attiva il comando *Progressione* con *SI*, le distanze tra i nodi di estremità degli elementi della serie aumentano, a partire dal nodo iniziale, con progressione 2 (la





lunghezza dell'elemento successivo è doppia di quella dell'elemento precedente); premere *Ok*, premere *Esci.*



Generazione di una poligonale di elementi D2

Genera una poligonale di elementi D2, definita da un numero n di punti/nodi di coordinate note.

Per introdurre una poligonale d'elementi D2:

- 1. Attivare il comando Poligonale D2;
- 2. Introdurre le coordinate di n punti/nodi nelle apposite caselle dati (*x nodo prec., y nodo prec., z nodo prec., x nodo corr., y nodo corr., z nodo corr.*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti; viene visualizzata una poligonale, il cui numero di vertici viene riportato nel contatore posto all'interno della finestra.
- 3. Premere Ok; premere Esci.

Per modificare la poligonale inserita o che si sta inserendo:

Durante o dopo l'inserimento della poligonale è possibile modificare i punti che la definiscono; per la modifica è sufficiente agire sul contatore, che permette di selezionare a ritroso i vertici della poligonale, annullando o ripristinando le digitazioni fatte.



Generazione di una griglia di elementi D2

Genera una griglia d'elementi D2 compresa tra due allineamenti, entrambi definiti da due nodi o punti di coordinate note.

Per introdurre una griglia d'elementi D2:

- 1. Attivare il comando Griglia di D2;
- Introdurre le coordinate iniziali e finali dei punti o nodi che definiscono gli allineamenti nelle apposite caselle dati (*x lato 1 ini, y lato 1 ini, z lato 1 ini, x lato 1 fin, y lato 1 fin, z lato 1 fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Inserire il numero di elementi da generare sul lato 1 (*numero lato*);
- 4. Inserire il numero di elementi da generare sul lato 2 (numero 1-2), premere Ok; premere Esci.

Generazione di un'elica/circonferenza di elementi D2

Genera un insieme d'elementi D2 disposti con andamento elicoidale o circolare.

Per introdurre un'elica di elementi D2:

- 1. Attivare il comando *Elicoidale D2*;
- 2. Introdurre le coordinate del centro (*centro x, centro y, centro z*) facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi dell'elica; l'elica ha inizio alla quota del centro e si sviluppa secondo l'asse z positivo;
- 3. Inserire nella casella raggio il valore del raggio dell'elica;
- 4. Inserire nella casella *altezza* il valore dell'altezza dell'elica; per realizzare una circonferenza di elementi D2 porre *altezza* = 0.
- 5. Inserire nella casella div.circonf. il numero di divisioni della circonferenza, premere Ok; premere Esci

Generazione di quattro elementi D2 convergenti nel nodo intersezione

Genera quattro elementi D2 (allineati a coppie), uniti nel nodo corrispondente al punto d'intersezione di due direzioni definite da quattro nodi o punti di coordinate note, ed allineati ad esse.

Per introdurre quattro elementi intersecati:

- 1. Attivare il comando *D2 intersezione*;
- 2. Introdurre le coordinate iniziali e finali dei punti o nodi degli allineamenti nelle apposite caselle dati (*x* nodo ini L1, *y* nodo ini L1, *z* nodo ini L1, *x* nodo fin L1, *y* nodo fin L1, *z* nodo ini L2, *y* nodo ini L2, *x* nodo fin L2, *y* nodo fin L2, *z* nodo fin L2, *x* nodo fin L2, *y* nodo fin L2, *x* nodo fin L
- 3. Premere Ok; premere Esci.

Generazione di un elemento D2 allineato ad una coppia di punti/nodi assegnati, con lunghezza relativa alla distanza tra i punti/nodi

Genera un elemento D2 allineato ad una coppia di punti o nodi di coordinate note, con primo nodo coincidente con il nodo generato a distanza relativa dal primo punto/nodo dato e secondo nodo coincidente con il secondo nodo/punto dato.



Per introdurre un elemento D2 allineato con distanza relativa:

- 1. Attivare il comando *D2 relativo*;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti/nodi iniziale e finale nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Introdurre nella casella *dist. relativa* il valore che rappresenta il moltiplicatore della distanza tra i due punti/nodi di coordinate note, che permette di determinare la distanza relativa, premere *Ok*; premere *Esci.*

Generazione di un elemento D2 allineato ad una coppia di punti/nodi assegnati, con lunghezza pari alla distanza dal primo punto/nodo dato

Genera un elemento D2 allineato ad una coppia di punti/nodi di coordinate note, con primo nodo coincidente con il nodo generato a distanza relativa dal primo punto/nodo dato e secondo nodo coincidente con il secondo nodo/punto dato.



Per introdurre un elemento D2 allineato con distanza dal primo punto/nodo:

- 1. Attivare il comando D2 distanza;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale nelle relative caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Introdurre nella casella *dist. assoluta* il valore della distanza rispetto al primo punto/nodo, premere *Ok*; premere *Esci*.



Generazione di un elemento D2 da un punto/nodo dato, ad un nodo proiezione di questo su una direzione assegnata

Genera un elemento D2 con prima estremità su un punto/nodo dato (riferimento) e seconda estremità sulla proiezione ortogonale di questo su una direzione individuata da una coppia di punti/nodi di coordinate note.

- Per introdurre un elemento D2 ortogonale:
- 1. Attivare il comando *D2 Ortogonale*;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale, della direzione su cui si desidera la proiezione del nodo riferimento, nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin)*, facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Fare click sul nodo riferimento (nodo di cui si desidera la proiezione) per catturare in modo automatico le sue coordinate, oppure introdurre le stesse nelle apposite caselle (*x riferimento, y riferimento, z riferimento*), premere *Ok;* premere *Esci.*

Generazione di un elemento D2 con pseudorotazione rispetto ad una direzione data

Definita una direzione individuata da due punti/nodi, questo comando genera un elemento D2 con prima estremità sul primo punto/nodo dato, e seconda estremità su un nodo ottenuto dall'intersezione della direzione data ruotata dell'angolo assegnato con la perpendicolare alla direzione data, passante per il secondo punto/nodo dato.



Per introdurre un elemento D2 con pseudorotazione:

- 1. Attivare il comando D2 Pseudorotazione;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti o nodi iniziale e finale del segmento che individua la direzione di riferimento, nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin)*, facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi; il punto o nodo finale del segmento che individua la direzione di riferimento rappresenta anche il nodo di riferimento per la pseudorotazione. Tale nodo con la pseudorotazione genera il nodo finale dell'elemento D2.
- 3. Introdurre il valore della rotazione orizzontale (rot. oriz.) e/o verticale (rot. vert.) nelle apposite caselle;
- 4. Premere *Ok;* premere *Esci.*

D2 da file architettonico Genera un elemento D2 pilastro partendo da sagome (circolari o rettangolari) presenti sul dxf importato. Le sezioni sono aggiunte in automatico all'archivio.

- 1. Attivare il comando D2 da file architettonico
- 2. Introdurre il valore dell'altezza di interpiano

Genera elementi D2 da file esterno Converte le entità *linea* del dxf importato in elementi di tipo D2 complanari.

Barra per la generazione degli elementi D3

Generazione di un singolo elemento D3

Genera un singolo elemento D3 inserito tra tre/quattro punti o nodi di coordinate note.

Per introdurre un elemento D3:

- 1. Attivare il comando Genera D3 singolo;
- 2. Introdurre le coordinate dei 4 punti/nodi nelle apposite caselle dati (*x nodo 1, y nodo 1, z nodo 1, x nodo 2, y nodo 2, z nodo 2, x nodo 3, y nodo 3, z nodo 3, x nodo 4, y nodo 4, z nodo 4*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi;
- 3. Premere Ok, premere Esci.

Generazione di una mesh rettangolare di elementi D3 con riferimento a due punti/nodi dati

Genera una mesh rettangolare di elementi D3, inserita tra due punti o nodi di coordinate note.

Questo comando permette di inserire mesh di forma rettangolare, in cui i due punti/nodi dati rappresentano i nodi diagonali del rettangolo.

Per introdurre una mesh d'elementi D3:

- 1. Attivare il comando Mesh D3 per 2 punti;
- Introdurre le coordinate dei 2 punti/nodi nelle apposite caselle dati (*x nodo 1, y nodo 1, z nodo 1, x nodo 2, y nodo 2, z nodo 2*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Introdurre il valore *n. sudd. i* che rappresenta il numero di suddivisioni:
 - del lato orizzontale se la mesh si sviluppa su un piano verticale;
 - del lato parallelo all'asse x se la mesh si sviluppa sul piano orizzontale XY.
- 4. Introdurre il numero di suddivisioni del secondo lato (n. sudd. s); premere Ok, premere Esci.





Generazione di una mesh di elementi D3 inserita tra quattro punti/nodi dati

Genera una mesh d'elementi D3, inserita tra quattro punti o nodi di coordinate note.

- Per introdurre una mesh d'elementi D3:
- 1. Attivare il comando Mesh D3 per 4 punti;
- Introdurre le coordinate dei 4 punti/nodi nelle apposite caselle dati (x nodo 1, y nodo 1, z 2 nodo 1, x nodo 2, y nodo 2, z nodo 2, x nodo 3, y nodo 3, z nodo 3, x nodo 4, y nodo 4, z nodo 4), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Introdurre il numero di suddivisioni del primo lato (lato che unisce il nodo 1 al nodo 2) della poligonale tracciata nella casella *n. sudd. 1-2*;
- 4. Introdurre il numero di suddivisioni del secondo lato nella casella n. sudd. s; premere Ok. premere Esci.



Generazione di una mesh poligonale di elementi D3

Genera una mesh poligonale d'elementi D3, inserita tra un numero n di punti/nodi di coordinate note.

- Per introdurre una mesh poligonale d'elementi D3:
- 1. Attivare il comando Mesh D3 poligonale;
- 2. Introdurre le coordinate di n punti/nodi nelle apposite caselle dati (*x nodo prec., y nodo prec., z nodo prec., x nodo corr., y nodo corr., z nodo corr.*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti; viene visualizzata una poligonale, il cui numero di vertici viene riportato nel contatore posto all'interno della finestra;

La mesh verrà generata automaticamente dal programma sulla base dei parametri settati all'interno della finestra *criteri di generazione mesh* a cui è possibile accedere cliccando sul comando Imposta mesh (per ulteriori approfondimenti vedi il paragrafo *Impostazioni per la generazione della mesh*).

3. Premere Ok; premere Esci.

Durante o dopo l'inserimento della poligonale è possibile modificare i punti che la definiscono, semplicemente agendo sul il contatore ed eliminando a ritroso i lati inseriti della poligonale.



Generazione di una mesh poligonale di elementi D3 (regolare)

Genera una mesh poligonale a maglia regolare d'elementi D3, inserita tra un numero n di punti/nodi di coordinate note.

Rispetto alla tipologia di mesh del comando precedente, la mesh regolare presenta alcuni vantaggi:

- Permette la definizione della direzione di orditura della mesh, consentendo un migliore adattamento ad eventuali mesh esistenti;
- Realizza elementi principalmente quadrati o rettangolari, integrando con triangoli solamente dove strettamente necessario. Tale modellazione migliora notevolmente la precisione di calcolo;
- Consente il collegamento automatico della mesh a nodi esistenti, posizionati all'interno della poligonale o sul bordo di essa.

Per inserire una mesh poligonale a maglia regolare d'elementi D3 è necessario eseguire i seguenti comandi:

- 1. Effettuare la selezione di uno o più nodi, nel caso si desideri il collegamento automatico della mesh a tali nodi.
- 2. Attivare il comando Mesh D3 poligonale (regolare).
- 3. Nella finestra *Definizione traslazione* inserire le coordinate di due punti/nodi nelle apposite caselle dati (*x nodo ini., y nodo ini., z nodo ini., x nodo fin., y nodo fin., z nodo fin.)*, facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi o coordinate, che individuano la direzione di orditura della mesh; premere il comando *Ok*, premere *Esci*.
- 4. Nella finestra genera mesh poligonale introdurre le coordinate di n punti/nodi nelle apposite caselle dati (x nodo prec., y nodo prec., z nodo prec., x nodo corr., y nodo corr., z nodo corr.), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti; viene visualizzata una poligonale, il cui numero di vertici viene riportato nel contatore posto all'interno della finestra.

Durante o dopo l'inserimento della poligonale è possibile modificare i punti che la definiscono, semplicemente agendo sul il contatore ed eliminando a ritroso i lati inseriti della poligonale.

- 1. Nella finestra *genera mesh poligonale* introdurre il parametro *dim. maglia* per definire la dimensione del lato della maglia della mesh; premere il comando *Ok*.
- 2. Nel caso si siano selezionati i nodi di cui effettuare il collegamento automatico, viene visualizzata la finestra che riporta il seguente messaggio *Si desidera che la mesh interessi anche i nodi selezionati ???* Premere *Si* per confermare e *No* per annullare.
- 3. Premere il comando *Esci* per completare l'operazione.



📟 Generazione di una mesh poligonale di elementi D3 con sviluppo verticale

Genera una mesh d'elementi D3, con andamento poligonale sul piano x-y e sviluppo verticale (parallelo all'asse z). La poligonale è inserita tra n vertici di coordinate note.

Questo comando è utilizzato per la generazione di pareti in c.a. o in muratura. Per la generazione delle finestre è sufficiente cancellare parte della mesh in corrispondenza delle aperture.

Per introdurre una mesh poligonale di elementi D3:

- 1. Attivare il comando Mesh D3 verticale;
- Introdurre le coordinate dei n punti/nodi nelle apposite caselle dati (*x nodo prec., y nodo prec., z nodo prec., x nodo corr., y nodo corr., z nodo corr.*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti; viene visualizzata una poligonale, il cui numero di vertici viene riportato nel contatore posto all'interno della finestra;
- 3. Introdurre l'altezza totale della mesh (altezza mesh);
- 4. Introdurre il numero di suddivisioni in cui si desidera ripartire il lato più piccolo della poligonale (*n. sudd. l min*), gli altri lati della poligonale saranno suddivisi orientativamente in multipli del numero di suddivisioni del lato più piccolo;
- 5. Introdurre il numero di suddivisioni in cui suddividere, in direzione verticale, la mesh (*n. sudd. vert.*), premere *Ok*, premere *Esci*.

Durante o dopo l'inserimento della poligonale è possibile modificare i punti che la definiscono, semplicemente agendo sul il contatore ed eliminando a ritroso i lati inseriti della poligonale.

Generazione di una mesh da elementi solaio Genera una mesh di elementi finiti membrana in corrispondenza dei solai aventi la proprietà **piano rigido** la mesh avrà materiale e spessore come quelli dei solai e ai solai verrà tolta la proprietà **piano rigido**.

Solido

Genera un elemento tridimensionale nello spazio, definito da un numero n di nodi variabile tra 4 e 8. Ogni elemento solido è individuato dai nodi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (in figura si riporta la convenzione adottata per i vari tipi d'elementi.

All'elemento può essere associato automaticamente un set di molle (verticali ed orizzontali) collegate alla faccia inferiore: la rigidezza delle molle, proporzionale all'area della faccia e ad una costante, modella l'interazione dell'elemento con un "mezzo elastico alla Winkler".





elemento solido a 8 nodi



elemento solido cuneiforme (6 nodi)


Per introdurre un elemento solido:

- 1. Attivare il comando Solido;
- 2. Introdurre le coordinate dei primi 4 punti/nodi, appartenenti allo stesso piano (1, 2, 3, 4), nelle apposite caselle dati (*xnodo prec, ynodo prec, znodo prec, xnodo corr, ynodo corr, znodo corr*); introdurre le coordinate dei successivi 4 nodi (5, 6, 7, 8) nelle apposite caselle dati (*xnodo prec, ynodo prec, znodo prec, xnodo corr, ynodo corr, znodo corr*) facendo attenzione ad assegnare come quinto nodo quello sovrastante il primo nodo definito. I valori delle coordinate nelle caselle di testo della finestra possono essere assegnati con il click del mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti di spigolo dell'elemento solido non sono coincidenti a nodi esistenti.
- 3. Premere Ok, premere Esci.

Nel caso di elementi con nodi degeneri, l'inserimento avviene nel seguente modo:





Mesh Solidi Genera una mesh di elementi solidi definita da 8 punti/nodi di coordinate note.

genera mesh Solidi (4-8 nodi)		– 🗆 X
x nodo prec.= 10.0 x nodo corr.= 10.0 n. sudd. i= 2	y nodo prec.= 10.0 y nodo corr.= 10.0 n. sudd. j= 1	z nodo prec.= 20.0 z nodo corr.= 20.0 n. sudd. k= 3
ОК	Esci	8



Le tipologie di mesh, in analogia alle tipologie di elementi solidi, possono essere definite mediante gli schemi riportati sopra.

Per la generazione della mesh di elementi solidi è necessario assegnare, nella finestra *Genera mesh Solidi* (4-8 nodi), il numero di suddivisioni nel seguente modo:

n. sudd. i Numero di suddivisioni del lato formato dai punti 1 e 2.

n. sudd. j Numero di suddivisioni del lato formato dai due punti successivi non coincidenti.

n. sudd. k Numero di suddivisioni del lato formato dai due punti successivi non coincidenti.



Converti D3 in solidi Permette la trasformazione di uno o più elementi D3 in elementi solidi di geometria equivalente.

Per trasformare un elemento D3 in elemento solido è necessario operare nel seguente modo:

- 1. Selezionare uno o più elementi D3;
- 2. Attivare i seguenti comandi:
 - Genera ► Mesh Solidi ► Mesh da elemento D3
- 3. L'elemento D3 è trasformato automaticamente in un elemento solido, in cui la distanza tra i nodi trasversali equivale allo spessore dell'elemento D3.



Imposta mesh Consente di impostare i parametri di generazione della mesh.

Elementi D3 da file esterno Consente di generare una mesh poligonale di elementi D3 in corrispondenza di una poligonale generica presente nel DXF e **collegata a tutti i nodi selezionati**.



Generazione di una mesh poligonale di elementi solaio o pannello

Genera una mesh poligonale di elementi solaio o pannello, inserita tra un numero n di punti/nodi di coordinate note.

Per introdurre una mesh poligonale di elementi solaio o pannello:

- 1. Attivare il comando Solaio o pannello poligonale
- 2. Introdurre le coordinate di n punti/nodi nelle apposite caselle dati (*x nodo prec., y nodo prec., z nodo prec., x nodo corr., y nodo corr., z nodo corr.*), facendo clic con il mouse sui nodi oppure introducendo i valori da tastiera se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti. Viene visualizzata una poligonale il cui numero di vertici è riportato nel contatore posto all'interno della finestra. Premere *Ok*; premere *Esci.*

La generazione di un elemento pannello avviene in maniera analoga a quanto descritto sopra. Gli elementi solaio possono essere orizzontali od inclinati (purché tutti i nodi del solaio siano complanari); gli elementi pannello possono essere verticali od inclinati (purché tutti i nodi del pannello siano complanari). Per visualizzare la mesh di solai, attivare i seguenti comandi:

Preferenze ► Opzioni elementi ► Elementi solaio mesh

Per visualizzare gli "scarichi" dei solai, attivare i seguenti comandi:

🌃 Mostra scarichi solai e pannelli

Consente di visualizzare la rappresentazione in scala dei carichi applicati dai solai alle travi. La rappresentazione è proporzionale al carico verticale, e non indica direttamente il carico applicato. La rappresentazione utilizza tre colori, che consentono l'individuazione di tre comportamenti:

- 1. Colore ciano: il solaio scarica su due travi/pareti opposte, in modo corretto
- Colore magenta: il solaio scarica su una trave o parete, con modalità a sbalzo
- Colore rosso: il solaio scarica su due appoggi opposti, in modo non corretto

5. Colore rosso, il solalo scanca su due appoggi opposii, il modo non conello Dari pappalli la lagias à anglaga ma la salarazione degli aggrichi à mone intenes

Per i pannelli la logica è analoga ma la colorazione degli scarichi è meno intensa.

La visualizzazione degli scarichi dei solai può essere ottenuta, in alternativa, con i seguenti comandi:

Preferenze ► Opzioni elementi ► Elementi solaio scarichi



Generazione multipla solaio-pannello

Genera un gruppo di elementi solaio o pannello, appartenenti ad un piano.

Il comando consente di creare con un solo comando un gruppo di elementi solaio o un gruppo di elementi pannello tale da riempire tutti gli spazi individuati da **elementi D2** ed **elementi D3**, assegnando le coordinate del piano di riferimento.

Per introdurre una mesh poligonale di elementi solaio o pannello:

- 1. Attivare il comando Generazione multipla solaio-pannello
- Introdurre le coordinate dei 3 punti/nodi nelle apposite caselle dati (*x nodo 1, y nodo 1, z nodo 1, x nodo 2, y nodo 2, z nodo 2, x nodo 3, y nodo 3, z nodo 3*), facendo clic con il mouse sui nodi; viene visualizzata la polilinea che individua il piano di riferimento;
- 3. Premere il comando Ok per attivare la generazione degli elementi solaio, premere Esci.

Il comando individua in modo automatico le aree interne a travi e pareti, ed inserisce i relativi elementi solaio o pannello.

Gli elementi solaio e gli elementi pannello possono essere orizzontali od inclinati (purché tutti i nodi del solaio/pannello siano complanari).

L'orditura degli elementi solaio viene orientata in modo automatico secondo il lato più corto.





Generazione di elementi balcone

Genera una mesh di elementi solaio per la modellazione degli elementi balcone, inserita tra due punti/nodi (estremità del balcone) di coordinate note.

Per introdurre un elemento balcone:

- 1. Attivare il comando Balcone;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti/nodi iniziale e finale nelle apposite caselle dati (*x nodo ini, y nodo ini, z nodo ini, x nodo fin, y nodo fin, z nodo fin*), facendo click con il mouse sui nodi, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti non sono coincidenti a nodi esistenti;
- 3. Introdurre le coordinate del punto/nodo di riferimento (*x riferimento, y riferimento, z riferimento*), per definire la direzione ed il verso dello sbalzo;
- 4. Introdurre la dimensione dello sbalzo (*dim. sbalzo*), premere *Ok*; premere *Esci*.

Per visualizzare la mesh di solai con cui è stato realizzato il balcone, attivare i seguenti comandi:

Preferenze 🕨 Opzioni elementi 🕨 Elementi solaio mesh

Per visualizzare gli "scarichi" dei solai, attivare i seguenti comandi: Preferenze ► Opzioni elementi ► Elementi solaio scarichi

Modellazione della struttura mediante utilizzo dei generatori

La struttura può essere modellata mediante generatori automatici di strutture; con semplici comandi è possibile introdurre anche complessi sistemi di nodi ed elementi che, generati con i metodi consueti, necessiterebbero di un notevole numero di operazioni.

Le strutture o porzioni di strutture modellate mediante generatori sono integrabili con le metodologie di modellazione di nodi ed elementi mostrate precedentemente.

Le strutture generate in modo automatico sono del tipo:

- *Capriate:* Strutture piane formate da nodi ed elementi D2;
- Telai: Strutture piane o spaziali formate da nodi, elementi D2, elementi D3;
- **Piastre:** Strutture piane formate da nodi ed elementi D3;
- **Gusci:** Strutture spaziali formate da nodi ed elementi D3;
- **Archi:** Strutture piane formate da nodi ed elementi D3;
- *Muri:* Strutture piane formate da nodi ed elementi D3;
- Geodetiche: Strutture spaziali formate da nodi ed elementi D3.

Definizione del riferimento (prototipo)

La definizione dei prototipi di nodi ed elementi può essere effettuata prima di generare la struttura, in modo tale che gli elementi e i nodi possiedano già le proprietà richieste.

La definizione dei prototipi può avvenire con i seguenti comandi:

Genera ► Setta parametri ►

Setta riferimento nodo Per definire il prototipo dell'elemento nodo;

Setta riferimento D2 Per definire il prototipo degli elementi asta, trave, pilastro;

Setta riferimento D3 Per definire il prototipo degli elementi setto/piastra;

Setta riferimento Solai Per definire il prototipo degli elementi solaio.

Con i comandi sopra riportati è visualizzata la finestra di definizione del prototipo, che riporta le proprietà modificabili dall'utente in base agli archivi predisposti.

Comandi per l'introduzione delle strutture

Le operazioni d'introduzione delle strutture sono effettuate mediante l'utilizzo del seguente comando:

Genera ► selezionando dal menù a tendina il tipo di generatore che si desidera utilizzare.

Generazione di una capriata

I generatori di capriate a disposizione dell'utente permettono lo sviluppo di 8 differenti tipi di capriate.



Per la generazione di una capriata bisogna specificarne il punto iniziale, finale e le caratteristiche geometriche.

Per introdurre una capriata eseguire i seguenti comandi:

- 1. Selezionare il tipo di capriata nella finestra Generazione capriata; premere il tasto Ok;
- 2. Introdurre le coordinate iniziali nelle apposite caselle dati (*x iniziale, y iniziale, z iniziale*), facendo click con il mouse sul nodo iniziale, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto iniziale non coincide con un nodo esistente;
- 3. Ripetere le analoghe operazioni per le coordinate finali (x finale, y finale, z finale);
- Introdurre nella casella n. campi (numero pari) il numero di divisioni in cui si vuole suddividere la capriata; nel caso di capriata tipo 7, il numero di campi rappresenta il numero di suddivisioni del corrente superiore della capriata;
- 5. Introdurre (nelle tipologie di capriata che la richiedono) l'altezza esterna della capriata, nell'apposita casella dati *altezza He*;
- 6. Introdurre l'altezza interna della capriata, nell'apposita casella dati altezza Hi, premere Ok, premere Esci

Le modifiche o l'eliminazione di parte o di tutta la struttura possono essere effettuate con i consueti comandi.

Generazione di un telaio

I generatori di telai a disposizione dell'utente permettono lo sviluppo di 5 differenti tipi di telai:

- Telaio poligonale senza trave di fondazione;
- Telaio poligonale con trave di fondazione;
- Telaio spaziale senza travi di fondazione;
- Telaio spaziale con travi di fondazione;
- Telaio spaziale con platea di fondazione.
- Telaio per ascensore.

Per introdurre un *telaio poligonale* (tipologia 1,2) eseguire i seguenti comandi:

- 1. Selezionare il tipo di telaio nella finestra Generazione telai; premere il tasto Ok;
- 2. Introdurre le coordinate dei punti della poligonale nelle apposite caselle dati (*x nodo prec., y nodo prec., z nodo prec., x nodo corr., y nodo corr., z nodo corr.*), facendo click con il mouse sui nodi che la definiscono, oppure introducendo i valori da tastiera se i punti non coincidono a nodi esistenti; nel contatore viene riportato il numero dei punti inseriti;
- 3. Introdurre l'altezza dei pilastri (H pilastri);
- 4. Introdurre il numero di piani (n. piani) del telaio, premere Ok, premere Esci.





Telaio poligonale senza trave di fondazione

Telaio pol. con trave di fondazione

Per introdurre un *telaio spaziale* (tipologia 3,4,5,6) con sviluppo dei telai piani su piani paralleli al piano XZ, eseguire i seguenti comandi:

- 1. Selezionare il tipo di telaio nella finestra Generazione telai; premere il tasto Ok.
- 2. Introdurre le coordinate iniziali del telaio nelle apposite caselle dati (*x iniziale, y iniziale, z iniziale*), facendo click con il mouse sul nodo iniziale, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto iniziale non coincide con un nodo;
- 3. Introdurre l'altezza dei pilastri nell'apposita casella dati H pilastri;
- 4. Introdurre l'interasse dei telai nell'apposita casella dato interasse telai
- 5. Introdurre il numero di piani nell'apposita casella dati n. piani del telaio;
- 6. Introdurre il numero di campate nell'apposita casella n. campate;
- 7. Introdurre il numero di telai nell'apposita casella *n. telai*;
- 8. Premere Ok; premere Esci.



Generazione di una piastra

I generatori di piastre a disposizione dell'utente permettono lo sviluppo di 4 differenti tipi di piastre:

- Piastra anulare;
- Piastra circolare;
- Piastra circolare con foro guadrato;
- Piastra quadrata con foro circolare;





Piastra anulare

Piastra circolare





Piastra circolare con foro P quadrato

Piastra quadrata con foro circolare

Per introdurre una piastra eseguire i seguenti comandi:

- 1. Selezionare il tipo di piastra nella finestra Generazione piastre; premere il tasto Ok;
- 2. Introdurre le coordinate del centro della piastra nelle apposite caselle dati *(centro x, centro y, centro z),* facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto centrale non coincide con un nodo;
- 3. Introdurre i seguenti parametri:
 - > Piastra anulare:
 - Raggio esterno (raggio est.)
 - Raggio interno (raggio int.)
 - Numero di parti in cui suddividere la piastra in direzione radiale (div. radiali)
 - Numero di parti (multiplo di 8) in cui suddividere la circonferenza della piastra (div. circonf.)
 - > Piastra circolare:
 - Raggio della piastra (raggio)
 - Numero di parti (multiplo di 8) in cui suddividere la circonferenza della piastra (div. circonf.)
 - Piastra circolare con foro quadrato:
 - Raggio della piastra (raggio)

- Semidimensione del lato del foro centrale quadrato (semidim. foro)
- Numero di parti (multiplo di 8) in cui suddividere la circonferenza della piastra (div. circonf.)
- > Piastra quadrata con foro circolare:
 - Dimensione del lato della piastra (dim. lato)
 - Raggio del foro centrale circolare (raggio foro)
 - Numero di parti (numero pari) in cui suddividere il lato della piastra (div. radiali)
 - Numero di parti (multiplo 8) in cui suddividere la circonferenza del foro (div. circonf.)
- 4. Premere Ok; premere Esci.

Generazione di un guscio

I generatori di gusci a disposizione dell'utente, permettono lo sviluppo di 8 differenti tipi di strutture:

- Anello sferico;
- Calotta sferica;
- Calotta sferica forata;
- Volta a vela;
- Volta a crociera;
- Volta a padiglione;
- Serbatoio verticale;
- Serbatoio generico;



Per introdurre un guscio eseguire i seguenti comandi:

- 1. Selezionare il tipo di guscio nella finestra Generazione gusci, premere il tasto Ok;
- Introdurre le coordinate del centro del guscio nelle apposite caselle dati (centro x, centro y, centro z), facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto centrale non coincide con un nodo esistente.
- 3. Introdurre i seguenti parametri:
 - > Anello sferico:
 - Raggio della sfera a cui appartiene l'anello (raggio sfera)
 - Raggio esterno dell'anello (raggio est.)
 - Raggio interno dell'anello (raggio int.)
 - Numero di parti in cui suddividere la larghezza radiale dell'anello (div. radiali)
 - Numero di parti (multiplo di 8) in cui suddividere la circonferenza dell'anello (div. circonf.)
 - > Calotta sferica:
 - Raggio della circonferenza di bordo della calotta (raggio)
 - Raggio della sfera a cui appartiene la calotta (raggio sfera)
 - Numero di parti (multiplo di 8) in cui suddividere la circonferenza della calotta (div. circonf.)
 - > Calotta sferica con foro quadrato:
 - Raggio della circonferenza di bordo della calotta (raggio)
 - Raggio della sfera a cui appartiene la calotta (raggio sfera)
 - Semidimensione del lato del foro centrale quadrato (semidim. foro)
 - Numero di parti (multiplo di 8) in cui suddividere la circonferenza della calotta (div. circonf.)
 - > Volta a vela:
 - Dimensione del lato della volta (dim. lato)
 - Numero di parti (numero pari) in cui suddividere il lato della volta (div. lato)
 - Volta a crociera:

- Dimensione del lato della volta (dim. lato)
- Numero di parti (numero pari) in cui suddividere il lato della volta (div. lato)
- Raggio dell'arco di circonferenza di bordo (raggio)
- > Volta a padiglione:
 - Dimensione del lato della volta (dim. lato)
 - Numero di parti (numero pari) in cui suddividere il lato della volta (div. lato)
 - Raggio dell'arco di circonferenza passante per il centro della volta e appartenente al piano medio della volta (*raggio*)
- Serbatoio verticale:
 - Raggio della sezione inferiore del serbatoio (raggio inf.)
 - Raggio della sezione superiore del serbatoio (raggio sup.)
 - Altezza del serbatoio (altezza)
 - Numero di parti in cui suddividere l'altezza del serbatoio (div. ass.)
 - Numero di parti (multiplo di 8) in cui suddividere la circonferenza della calotta (div. circonf.)
- > Serbatoio generico:
 - Introdurre le coordinate del centro della prima e della seconda sezione di estremità del guscio (centro1 x, centro1 y, centro1 z, centro2 x, centro2 y, centro2 z) nelle apposite caselle dati
 - Raggio della prima sezione di estremità del serbatoio (raggio 1)
 - Raggio della seconda sezione di estremità del serbatoio (raggio 2)
 - Altezza del serbatoio (altezza)
 - Numero di parti in cui suddividere l'altezza del serbatoio (div. ass.)
 - Numero di parti (multiplo di 8) in cui suddividere la circonferenza della calotta (div. circonf.)
- > Serbatoio con foro (il comando genera metà serbatoio con foro):
 - Raggio della sezione del serbatoio (raggio)
 - Raggio del foro nella superficie del serbatoio (raggio foro)
 - Numero di parti in cui suddividere la distanza tra il bordo del foro e il bordo esterno del serbatoio (*div. radiali*)
 - Numero di parti in cui suddividere il perimetro della porzione di serbatoio generata e la circonferenza del foro (*div. circonf.*)

La lunghezza della porzione di serbatoio con foro generata è pari al prodotto del raggio per π .

4. Premere *Ok*; premere *Esci*.

Generazione di un arco

I generatori di archi a disposizione dell'utente, permettono lo sviluppo di 4 differenti tipi di archi;

- Arco a tutto sesto;
- Arco a sesto acuto;
- Arco a sesto ribassato;
- Arco ellittico;







Arco a sesto ribassato

Arco ellittico

Per introdurre un arco eseguire i seguenti comandi:

- 1. Selezionare il tipo d'arco nella finestra Generazione archi; premere il tasto Ok;
- Introdurre le coordinate del primo e del secondo estremo dell'arco nelle apposite caselle dati (*Estr1 x, Estr1 y, Estr1 z, Estr2 x, Estr2 y, Estr2 z*), facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti di estremità non coincidono con nodi. I punti di estremità rappresentano i punti interni dell'arco, cioè la loro distanza non è comprensiva dello spessore dell'arco;
- 3. Introdurre i seguenti parametri:
 - > Arco a tutto sesto:
 - Raggio della circonferenza cui appartiene l'arco (raggio);
 - Arco a sesto acuto:
 - Raggio della circonferenza a cui appartengono i due tratti di arco (raggio);
 - Arco a sesto ribassato:
 - Altezza del punto centrale interno dell'arco *(altezza).* Questa distanza, non comprende lo spessore dell'arco;
- 4. Introdurre lo spessore dell'arco (spessore);

- 5. Introdurre il numero di parti (multiplo di 4) in cui suddividere lo sviluppo dell'arco (div. circonf.);
- 6. Introdurre il numero di parti in cui suddividere lo spessore dell'arco (*div. radiali*), premere *Ok*, premere *Esci*.

Generazione di una parete con foro ad arco

I generatori di pareti con foro ad arco a disposizione dell'utente, permettono lo sviluppo di 4 differenti tipi di strutture;

- Parete con apertura ad arco a tutto sesto;
- Parete con apertura ad arco a sesto ribassato;
- Parete con apertura ad arco a sesto acuto;
- Parete con apertura ad arco ellittico;









Parete con arco a tutto sesto

Parete con arco a sesto ribassato

Parete con arco a sesto acuto

Parete con arco a sesto ribassato

- Per introdurre una *Parete con foro ad arco* eseguire i seguenti comandi: 1. Selezionare il tipo di parete nella finestra *Generazione muri*, premere il tasto *Ok*
- Introdurre le coordinate del primo e del secondo estremo della parete nelle apposite caselle dati (*Estr1* x, *Estr1* y, *Estr1* z, *Estr2* x, *Estr2* y, *Estr2* z), facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera, se i punti di estremità non coincidono con nodi esistenti
- 3. Introdurre l'altezza della parete (alt. muro)
- 4. Introdurre il valore della semilarghezza dell'apertura ad arco (semil. foro)
- 5. Introdurre i seguenti parametri:
 - Parete con apertura ad arco a tutto sesto
 - Altezza dell'apertura ad arco nel suo punto centrale (alt. foro)

Parete con apertura ad arco a sesto ribassato:

- Altezza dell'apertura ad arco nel suo punto centrale (alt. foro);
- Semilarghezza dell'apertura ad arco (semidim. foro);
- 6. Introdurre il numero di parti (multiplo di 4) in cui suddividere lo sviluppo dell'arco dell'apertura (div. circonf.);
- 7. Introdurre il numero di parti in cui suddividere l'altezza del muro (div. radiali), premere Ok, premere Esci.

Generazione di aperture in muri

Il generatore di muri e telai consente l'inserimento di muri con una apertura rettangolare o con arco.

Per introdurre un'apertura in un muro eseguire i seguenti comandi:

- 1. Attivare il comando **Apertura in muro** dal menù **Genera**
- 2. Introdurre le coordinate dell'elemento sul quale si desidera eseguire l'apertura nelle apposite caselle dati (*x nodo prec., y nodo prec., z nodo prec., x nodo corr., y nodo corr., z nodo corr.*), facendo click con il mouse sui nodi che la definiscono, oppure introducendo i valori da tastiera se i punti non coincidono a nodi esistenti; nel contatore viene riportato il numero dei punti inseriti; per definire un elemento di tipo D3 sono sufficienti 4 punti, mentre per quelli di tipo solido ne servono 8. In questi ultimi i primi 4 punti definiscono la faccia sulla quale verrà eseguito il foro.
- 3. Definire le seguenti dimensioni dell'apertura: base, altezza (della spalla dell'apertura), freccia.

Per generare un'apertura rettangolare impostare freccia pari 0.



Generazione di muri e telai

Il generatore di muri e telai consente l'inserimento di due differenti tipologie di struttura:

■ Muro e aperture (mesh D3);

Consente l'inserimento di una parete con aperture, realizzata con elementi D3 setto/piastra. Il generatore consente di introdurre una parete in cui sono presenti aperture di tipo porta o finestra, assegnando progressivamente le coordinate dei punti di passaggio che individuano le zone piene e le zone con apertura e i parametri geometrici della parete.

Muro e aperture (telaio D2);

Consente l'inserimento di una parete con aperture, realizzata con elementi D2 trave e pilastro.

Il generatore consente l'inserimento del telaio equivalente alla parete con aperture tipo porta o finestra, assegnando progressivamente le coordinate dei punti di passaggio che individuano le zone piene e le zone con apertura e i parametri geometrici della parete.

Il generatore converte le porzioni di muro individuate in pilastri e travi equivalenti.

Di seguito sono riportate le descrizioni delle procedure di utilizzo dei generatori.

Muro e aperture (mesh D3)



Il generatore si presenta di comodo utilizzo nel caso si disponga di un disegno architettonico.

Attenzione. Se due pareti successive hanno aperture di dimensioni diverse questo comando può generare elementi con nodi intermedi.

È consigliabile utilizzare questo comando in edifici che abbiano aperture tutte della stessa altezza o in alternativa usare il comando "*Mesh D3 verticale*", cliccare il perimetro dell'edificio (imputando i punti di inizio e fine di tutte le aperture) poi cancellare i D3 in corrispondenza delle aperture.

Per introdurre un muro con aperture è necessario eseguire i seguenti passi:
Individuare sull'architettonico una poligonale con 4 vertici che identifichi la posizione del primo maschio, dell'apertura e del secondo maschio (si veda ad esempio la figura successiva, punti 1-4); assegnando un poligonale con solo 2 vertici il programma realizzerà un muro privo di aperture.

- 2 Introdurre l'altezza totale della muratura (*altezza tot.*).
- 3 Introdurre l'altezza della zona inferiore all'apertura (*Altezza inf.*); assegnando un valore pari a zero il programma realizzerà l'apertura corrispondente a una porta.
- 4 Introdurre l'altezza della zona sopra all'apertura (Altezza sup.)
- 5 Introdurre lo spessore della muratura (Spessore).
- 6 Introdurre il valore del passo della mesh (*Passo mesh*) allo scopo di generare elementi dimensionati in base alle scelte dell'utente.
- 7 Premere OK.
- 8 Premere *Esci*.

Nell'immagine è riportato il modello generato.











Il generatore si presenta di comodo utilizzo nel caso si disponga di un disegno architettonico.

Per introdurre un telaio equivalente in muratura eseguire i seguenti passi:

- 1. Individuare sull'architettonico una poligonale con 4 vertici che identifichi la posizione del primo maschio, dell'apertura e del secondo maschio (si veda ad esempio la figura successiva, punti 1-4); assegnando un poligonale con solo 2 vertici il programma realizzerà un muro privo di aperture.
- 2. Introdurre l'altezza totale della muratura (altezza tot.).
- 3. Introdurre l'altezza della zona inferiore all'apertura (*Altezza inf.*); assegnando un valore pari a zero il programma realizzerà l'apertura corrispondente a una porta.
- 4. Introdurre l'altezza della zona sopra all'apertura (Altezza sup.)
- 5. Introdurre lo spessore della muratura (Spessore).
- 6. Introdurre il valore percentuale dell'altezza del concio rigido (%*Rigido alt*.); assegnando un valore pari a 100 i conci rigidi avranno un'altezza pari ad "Altezza inf." e ad "Altezza sup.", assegnando un valore minore di 100 i conci rigidi saranno di altezza inferiore, aumentando in tal modo la deformabilità del telaio.
- 7. Premere OK.
- 8. Premere *Esci*.

Generazione muro con apert	ure (telaio D2)	- 0	×
x nodo prec.= 820 x nodo corr.= 1000	y nodo prec.= 1200 y nodo corr.= 1200	z nodo prec.= 0 z nodo corr.= 0	
Altezza tot. = 300.0 Spessore = 30.0	Altezza inf. = 100 % Rigido alt. = 100	Altezza sup. = 50	
ОК	Esci	4	
\rightarrow_2			
s)	\sim /		
	>4		

Utilizzando il generatore di telai il programma aggiunge in automatico all'archivio delle sezioni le sezioni trasversali necessarie per la definizione del telaio equivalente, assegnando a queste sia deformabilità flessionale che a taglio. Vengono aggiunti inoltre all'archivio dei materiali due materiali infinitamente rigidi: uno con lo stesso peso specifico della muratura (utilizzato per i tratti dei pilastri infinitamente rigidi) ed uno con peso specifico nullo (utilizzato per i tratti delle travi infinitamente rigide).

Generazione di una cupola geodetica

PRO_SAP permette la generazione automatica di una struttura a cupola geodetica composta da una mesh di elementi D3;

Cupola geodetica

- Per introdurre una cupola geodetica eseguire i seguenti comandi:
 - 1. Selezionare il comando Geodetiche nel menù Genera;
 - 2. Nella finestra *Generazione geodetiche* premere il tasto Ok;
 - 3. Introdurre le coordinate del centro della geodetica nelle apposite caselle dati *(centro x, centro y, centro z)*, facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera, se il centro della cupola non coincide con un nodo esistente;
 - 4. Introdurre il valore del raggio della sfera su cui si sviluppa la geodetica (raggio);
 - 5. Introdurre il valore della frequenza (*Frequenza*), vale a dire il numero di fasce in cui sono suddivisi i triangoli di base; ogni fascia è formata da una catena di triangoli.



6. Premere Ok, premere Esci.

Modellazione della struttura mediante importazione di un disegno

La capacità di dialogo di PRO_SAP permette all'utente di importare disegni creati con altre applicazioni, agevolando le fasi di modellazione della struttura. PRO_SAP gestisce l'importazione dei file formato DXF.



Utilizzo di file DXF

L'importazione di un file DXF in PRO_SAP, permette di utilizzare il disegno secondo tre modalità:

- Come "sfondo" per operare un processo di "lucidatura" dello stesso, in grado di semplificare le operazioni di modellazione di uno o più impalcati della struttura;
- Generando in modo automatico i nodi strutturali nei punti notevoli del disegno;
- Generando in modo automatico i nodi e gli elementi della struttura.

Mediante i comandi riportati nei paragrafi seguenti, è possibile vedere come si effettua il passaggio dal disegno di sottofondo alla generazione automatica dei nodi di riferimento per la generazione del modello.

Proprietà del disegno DXF

Il disegno DXF da importare in PRO_SAP deve possedere le seguenti caratteristiche:

- Non deve contenere blocchi: eventuali blocchi verranno scartati;
- Non deve contenere archi; eventuali archi verranno scartati;
- Se contiene superfici, queste devono essere realizzate con elementi 3D face;

PRO_SAP permette la generazione automatica dei nodi in corrispondenza delle seguenti posizioni del disegno:

- Estremità delle linee;
- Oggetti punto del disegno;

Il comando **Example ta DXF** permette l'importazione un file DXF in PRO_SAP; è visualizzata la finestra che permette l'attivazione dei layer del disegno.

Nella finestra sono riportati i seguenti tasti:

Seleziona tutto Permette di attivare (visualizzare al termine del caricamento) tutti i layer presenti nel disegno;

Deseleziona Disattiva tutti i layer presenti nel disegno;

Per attivare solo alcuni layer è necessario fare click nell'apposito riquadro di selezione.

Importazione di file DXF

- 1. Dal pannello, scegliere **Importa DXF**;
- 2. Nella finestra *Apri* selezionare il file di interesse; premere il comando *Apri*.
- Nella finestra visualizzata, selezionare, facendo click con il mouse sui riquadri di selezione, i layer che si desiderano attivare come sfondo per l'operazione di "lucidatura" del disegno; premere il tasto Ok.
- 4. Premere il comando *Racchiudi* per contenere il disegno all'interno dell'area di lavoro, nel caso il disegno possieda coordinate molto grandi e quindi difficilmente racchiudibile, è necessario effettuare la generazione automatica dei nodi prima di attivare il comando *Racchiudi;* in seguito i nodi possono essere cancellati.

E' possibile modificare la scala del disegno operando nel seguente modo: *Preferenze* ► *Opzioni DXF* ► *Scala architet.*

Per modificare la scala del disegno è sufficiente inserire nelle apposite caselle dati i valori di *Scala x-x* e *Scala y-y* che rappresentano il valore del moltiplicatore di scala nel piano. Introducendo anche il valore Scala z-z si effettua anche la scala delle quote del disegno.

E' possibile nascondere lo sfondo architettonico in un qualunque momento della sessione di lavoro impiegando i seguenti comandi:

Preferenze ► Opzioni di disegno ► Sfondo architettonico

Per nascondere/rivedere il disegno di sottofondo, è necessario disattivare/riattivare l'opzione *Sfondo architettonico*, presente nella finestra *Opzioni di disegno*, facendo click con il mouse sul corrispondente riquadro di selezione.

E' possibile modificare il colore dello sfondo allo scopo di migliorare la comprensione del disegno operando nel seguente modo:

•			×
0 fondazione pilastri			
<u>-</u> [Seleziona tutto OK	Deseleziona Annulla	

Оре —		×
Scala x	× 1000	
Scala y	y 1000	
Scala z	-z 1000	
ОК	Esc	ci

Preferenze ► Finestra principale ► Colore sfondo

Per modificare il colore dello sfondo è sufficiente selezionare all'interno della tabella Colore di Windows, il colore desiderato.

E' possibile modificare il colore delle linee dell'architettonico allo scopo di migliorare la comprensione del disegno operando nel seguente modo:

Preferenze ► Opzioni di disegno ► Sfondo architettonico

Per modificare il colore dell'architettonico è sufficiente fare click con il mouse sul comando *Colore* per modificare, all'interno della tabella Colore di Windows, il colore del disegno.

Mediante il comando *Layer* è possibile attivare/disattivare, nella *Tabella dei Layer*, i piani presenti nel disegno, e quindi nascondere gli oggetti presenti su di loro.

Le operazioni di generazione dei nodi e degli elementi sono attive solamente sugli elementi visibili.

Per attivare la visualizzazione dell'architettonico in modalità layer è possibile operare nel seguente modo:

Preferenze ► Uso colori ► Colore architettonico ► Layer

Per maggiori approfondimenti sull'utilizzo del comando Layer vedi il Paragrafo **Pannello degli strumenti di** selezione all'interno del presente capitolo.

Utilizzo del disegno per la generazione automatica di nodi ed elementi della struttura

Per utilizzare il disegno nella generazione del modello il programma consente la generazione automatica di nodi e di elementi D2 e D3 in base agli oggetti presenti nel disegno architettonico:

Generazione di elementi D2 pilastro

Attraverso il comando D2 ► D2 da file architettonico

Con questo comando vengono generati automaticamente gli elementi D2 pilastro, partendo da sagome (circolari o rettangolari) presenti sul DXF importato. Le sezioni sono aggiunte in automatico all'archivio.

- 1. Attivare il comando D2 da file architettonico
- 2. Introdurre il valore dell'altezza di interpiano
- Creazione di nodi in corrispondenza delle intersezioni delle linee

Attraverso il comando *Nodi* ► *Genera nodi da file esterno*

Con questo comando vengono inseriti automaticamente i nodi in corrispondenza dei punti di estremità delle linee.

Conversione delle linee in elementi D2

Attraverso il comando D2 > Genera elementi D2 file esterno

Con questo comando vengono inseriti i nodi e gli elementi relativi alle entità presenti nel disegno; in corrispondenza degli oggetti punto e all'estremità degli oggetti linea vengono generati i nodi, e in corrispondenza degli oggetti linea vengono generati gli elementi D2.

Conversione delle poligonali chiuse in elementi D3

Attraverso il comando D3 > Genera elementi D3 da file esterno

Con questo comando vengono inseriti i nodi e gli elementi D3 relativi alle entità presenti nel disegno:

- Gli elementi 3d-face vengono convertiti in elementi D3;
- Le poligonali chiuse (possono contenere anche fori internamente) vengono riempite con una mesh di elementi D3.

Utilizzo della funzione cattura punti

PRO_SAP permette di utilizzare i comandi di generazione dei nodi elementi sfruttando la funzione di cattura dei punti del disegno.

L'attivazione della funzione di cattura avviene mediante i seguenti comandi:

Preferenze ► *Opzioni DXF* ► *Opzioni Architet.* Con questo comando viene visualizzata la finestra *Criteri di cattura punti* che permette l'attivazione di una o più opzioni.

La finestra *Criteri di cattura punti* può essere mantenuta aperta durante le fasi di modellazione della struttura.

N.B. L'effetto cattura deve essere utilizzato solamente su viste piane e non assonometriche o prospettiche.

r	nodi e degli _{Criteri di c} — 🗆 🗙
	▼ vicino (linea) ▼ inters. (due linee)
	Criteri generazione mesh X
	Dimensione massima lato elemento 80 [cm] Usa elementi:
	 quadrangolari e triangolari (opzione suggerita) Solo quadrangolari
	Mesh anche per poligoni interni (attivare anche nel caso si abbiano più poligoni non connessi)
	🔲 Utilizza solo triangolazione per elementi solaio
	Genera bordo con offset: 0 [cm]

Impostazioni per la generazione delle mesh

E' possibile accedere alla finestra *Criteri generazione mesh* cliccando sul comando **D3** ► *Imposta mesh* disponibile nel menù del Contesto di *Introduzione dati*:

In questa finestra sono contenuti i parametri di generazione della mesh:

- **Dimensione massima lato elemento** Consente di impostare la dimensione massima del lato degli elementi D3.
- Opzione *Usa elementi*
 - **Quadrangolari e triangolari** Consente di generare una mesh di elementi D3 formata da elementi di forma quadrilatera e dove necessario di forma triangolare.
 - **Solo quadrangolari** Consente di generare una mesh di elementi D3 formata solamente da elementi di forma quadrilatera (nel qual caso i lati del poligono da meshare avranno un numero pari di suddivisioni).
- Opzione *Mesh anche per poligoni interni* Se attiva, consente di generare una mesh di elementi D3 anche nei poligoni presenti all'interno del perimetro della mesh principale.
- Opzione *Utilizza solo triangolazione per elementi solaio* Consente di definire il piano rigido del solaio mediante una mesh di elementi finiti tipo membrana di forma esclusivamente triangolare.

Per generare una mesh di elementi finiti membrana in corrispondenza di un solaio rigido è sufficiente selezionare un solaio a cui è stata attribuita la proprietà *Piano rigido* ed attivare il comando **D3** ► **Mesh D3 da solai**. La mesh avrà materiale e spessore come quelli dei solai ed a questi verrà tolta la proprietà *Piano rigido*.

 Opzione Genera bordo con offset Consente di generare un offset, la cui dimensione deve essere definita, di contorno al poligono da meshare considerato.

Per vincolare la mesh a passare per i nodi di elementi generati in precedenza (ad esempio pareti o pilastri) è sufficiente selezionare tali nodi prima di cliccare il comando *Genera elementi D3 da file esterno*.

Si noti che nel caso occorra meshare una superficie non importata da file .DXF, è necessario selezionare le entità (punti, lati) per le quali la mesh è "costretta" a passare. Solo le entità selezionate faranno parte della struttura da meshare.

I nodi e gli elementi generati possiedono le proprietà definite nelle finestre del riferimento attivabili con i seguenti comandi:



Utilizzo del disegno per la generazione automatica dell'archivio dei fili fissi

Questa operazione si realizza, nel Contesto di introduzione dati, mediante il seguente comando:

Dati struttura ► **Fili fissi da CAD** Permette la trasformazione automatica delle linee visibili dell'architettonico in fili fissi di tipo *Allineamento*. Il comando è quindi sensibile allo stato di visualizzazione del disegno architettonico.

Modellazione della struttura mediante l'importazione di dati

La capacità di dialogo di PRO_SAP permette all'utente di importare dati che gli consentono di agevolare le fasi di modellazione della struttura. Le possibilità operative di importazione di dati a disposizione dell'utente, sono le seguenti:

- Incorporazione di dati provenienti da una struttura realizzata in una precedente sessione di lavoro;
- Importazione di modelli di strutture generati con altri programmi agli elementi finiti.

Utilizzo di dati provenienti da una precedente sessione di lavoro

L'importazione di dati provenienti da una precedente sessione di lavoro di PRO_SAP, permette di integrare, parzialmente o totalmente, gli archivi (sezioni, materiali, carichi, ecc...) della sessione attuale di lavoro. Il nuovo archivio a disposizione dell'utente, è generato dalla sovrapposizione dell'archivio corrente con quello ottenuto dal file dati della precedente sessione di lavoro.

Mediante i comandi riportati di seguito, è possibile effettuare l'operazione di generazione del nuovo archivio. Il comando

[™] Dati struttura → Importa Dati Permette di importare gli archivi ottenuti da un file *.PSP nella corrente sessione di lavoro di PRO_SAP.

Come importare gli archivi dati, da un file *.PSP:

1. Dal menù ^{Cati struttura} scegliere Importa Dati;

- 2. Nella finestra Apri selezionare il file *.PSP di interesse; premere il comando Apri.
- 3. È possibile controllare i dati caricati negli archivi, aprendo gli archivi di sezioni, materiali, carichi ecc.. della corrente sessione di lavoro;
- 4. Effettuare il salvataggio della corrente sessione di lavoro.

Eseguendo questo comando l'archivio del modello corrente viene sostituito da quello presente nel modello di importazione, pertanto le personalizzazioni effettuate in precedenza dall'utente all'interno del modello corrente verranno sovrascritte; si consiglia dunque di importare prima l'archivio e poi effettuare le eventuali modifiche.

Il pannello degli strumenti di selezione

I comandi contenuti nella *Barra degli strumenti di selezione* permettono di gestire la selezione degli oggetti che compongono il modello strutturale.

7	👫 Vidno	Tutte	Beden	0 .
Filtra	Proprietà :	Macro		
		Selectore		



Filtra

Permette di attivare il filtro per la selezione degli oggetti. Il menù visualizzato premendo il comando è suddiviso in tre parti.

Nella parte superiore sono contenute le Opzioni di esclusione che permettono, in fase di selezione, di escludere una o più tipologie di oggetti:

- Esclude nodi Permette, in fase di selezione, di escludere gli elementi di tipo nodo
- **Esclude D2** Permette, in fase di selezione, di escludere gli elementi di tipo D2
- Esclude D3 Permette, in fase di selezione, di escludere gli elementi di tipo D3

Nella parte intermedia sono contenute le seguenti opzioni:

 Esclude generati Consente l'esclusione della selezione delle macrostrutture introdotte con un unico comando di generazione, ad es. Mesh D3, strutture realizzate con generatori, elementi D2 poligonali ecc..

Se l'opzione è attiva permette, con il comando *Vicino*, la selezione di un singolo nodo od elemento della macrostruttura. L'opzione è attivata automaticamente.

Se l'opzione non è attiva permette, con il comando *Vicino*, la selezione contemporanea di tutta la macrostruttura.

 Alterna selezione Permette di eseguire la selezione alternata degli oggetti ad ogni click del mouse:

Se l'opzione è attiva, la selezione di un oggetto già selezionato conferma la selezione;

Se l'opzione non è attiva, la selezione di un oggetto già selezionato, annulla la selezione.

• Selezione somma Permette di eseguire la selezione di oggetti in successione:

Se l'opzione è attiva, ad ogni selezione successiva verranno mantenuti selezionati anche gli oggetti selezionati in precedenza.

Se l'opzione non è attiva, ad ogni selezione successiva verranno deselezionati automaticamente gli oggetti selezionati in precedenza.

Nella parte inferiore sono contenute le **opzioni di scelta** che permettono, in fase di selezione, la definizione dell'unica tipologia di oggetti da selezionare. La definizione di un'opzione di scelta attiva automaticamente le relative opzioni di esclusione:

- Solo nodi Permette, in fase di selezione, di selezionare solamente gli elementi di tipo nodo
- **Solo D2** Permette, in fase di selezione, di selezionare solamente gli elementi di tipo D2
- Solo D3 Permette, in fase di selezione, di selezionare solamente gli elementi di tipo D3



Vicino

Permette la selezione di un solo oggetto ad ogni click del mouse. Per eseguire la selezione di più oggetti è necessario eseguire più click consecutivi su oggetti diversi.

Box

Permette la selezione di uno o più oggetti contenuti o toccati dalla finestra di selezione.



Per selezionare anche gli elementi toccati dalla finestra è sufficiente eseguire il box da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto.



Proprietà

Permette di eseguire la selezione degli oggetti, attivando un filtro sulle proprietà.

Attivando il comando è visualizzata la finestra *Seleziona con proprietà (Filtro tipo)* che consente la definizione delle tipologie di oggetti e delle opzioni di filtro.

Premendo il comando Ok di chiusura della finestra si realizza la selezione degli oggetti in base alle opzioni definite.

N.B. Il filtro sulle proprietà è attivo solamente se si definisce almeno una tipologia d'oggetti ed è attivo sugli oggetti visibili.

Cliccando sulla freccia a fianco del comando compare il menù a tendina da cui è possibile selezionare i comandi Cerchio, Polilinea, Box 3D.

Nelle cornici è possibile definire le tipologie d'oggetti soggetti a filtro:

• Nodi

VincolatiPermette di selezionare tutti i nodi vincolati.LiberiPermette di selezionare tutti i nodi liberi (senza vincoli o fondazioni speciali).FondazionePermette di selezionare tutti i nodi a cui sono applicate le fondazioni speciali.

Elementi D2

Aste Consente di selezionare gli elementi asta.

Pilastri Consente di selezionare gli elementi pilastro.

Travi elevazione Consente di selezionare le travi d'elevazione.

Travi fondazione Consente di selezionare le travi di fondazione.

Elementi D3

Membrane Consente di selezionare gli elementi D3 con proprietà di membrana.

Setti Consente di selezionare gli elementi D3 verticali.

Gusci elevazione Consente di selezionare gli elementi D3 orizzontali o inclinati.

Gusci fondazione Consente di selezionare gli elementi D3 orizzontali o inclinati con proprietà di fondazione.

• Elementi solaio e pannelli

Pannelli Consente di selezionare gli elementi pannello.

Solai e coperture Consente di selezionare gli elementi solai e balconi.

Elementi solidi

Standard Consente di selezionare gli elementi solidi.

Con fondazione Consente di selezionare gli elementi solidi con proprietà di fondazione.

Per realizzare un filtro di selezione più restrittivo è possibile definire, oltre alla tipologia degli oggetti, anche le loro proprietà:

Proprietà per elementi D2

- Sezione Permette di definire la sezione degli elementi da selezionare.
- **Range lunghezza** (>0 se influente) Permette di definire l'intervallo di lunghezze a cui devono appartenere gli elementi da selezionare.

Proprietà per elementi D3

• **Spessore** (>0 se influente) Permette di definire lo spessore degli elementi da selezionare.

- Proprietà per elementi D2, elementi D3, elementi Solidi
- *Materiale* Permette di definire il materiale degli elementi da selezionare.

Proprietà per elementi Solaio

• Archivio di carico Permette di definire l'archivio di carico di elementi solaio.

Proprietà per nodi, elementi D2, elementi D3, elementi Solidi

 Numeraz. elementi (>0 se influente) Permette di definire l'intervallo di numerazione (numero del nodo o dell'elemento) a cui devono appartenere i nodi o gli elementi da selezionare.
 Proprietà per elementi D3, elementi Solidi

Seleziona con	proprietà (filtro tipo)	×
Nodi Vincolati Fondazione	🗖 Liberi	Filtri Sezione non influente
☐ Aste ☐ Pilastri	 Travi elevazione Travi fondazione 	Criterio di progetto non influente
Elementi D3 Membrane Setti Elementi solaio	☐ Gusci elevazione ☐ Gusci fondazione e pannelli ☐ Solai e coperture	0 Spessore (>0 se influente) 0 0 Numeraz. elementi (0 0 >0 se influente) 0 0 Range lunghezza (>0 se influente) O se influente) 0 Distorsione (>1 se influente)
Elementi Solido	Con fondazione	Solo nodi ed elementi con carichi

• **Distorsione** (>1 se influente) Permette di definire valore della distorsione (rapporto tra il lato maggiore e il lato minore dell'elemento) degli elementi da selezionare.

Cerchio

Permette la selezione di uno o più oggetti contenuti o toccati dal cerchio di selezione. Per selezionare anche gli elementi toccati dal cerchio è sufficiente eseguire il cerchio da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto.



Polilinea

Permette la selezione di uno o più oggetti contenuti all'interno della polilinea di selezione.

Per realizzare la polilinea è sufficiente attivare il comando e realizzare, con successivi click del mouse, la polilinea che racchiude gli oggetti da selezionare. Per completare il comando di generazione della polilinea è sufficiente premere il tasto destro del mouse.

selezione con box tridimensionale

y iniziale= 0

y finale= 0

Esci

OK

x iniziale= 0.0

x finale= 500

Non è necessario eseguire la chiusura della polilinea, che è realizzata in automatico dal programma.

Box D3

Permette di selezionare gli oggetti mediante una finestra tridimensionale di selezione, di cui è sufficiente definire la diagonale.

Eseguendo il comando è visualizzata la finestra che permette di definire (mediante click del mouse sui nodi della struttura), le coordinate d'estremità della diagonale di definizione del

parallelepipedo che contiene gli oggetti da selezionare.

Al termine della definizione della diagonale premere il comando Ok e quindi Esci.

Seleziona macro

Permette di eseguire la selezione delle macrostrutture (pilastrate, travate, allineamenti, setti-piastre, impalcati), utilizzando la loro numerazione. Il comando è attivo solamente sugli elementi visibili.

Le macrostrutture, la cui definizione è rilevante ai fini della progettazione degli elementi strutturali, avviene in modo automatico, in base alle caratteristiche geometriche, alla posizione geometrica e alle proprietà assegnate (ad es. il materiale).

Attraverso questo comando è possibile effettuare una modifica manuale della numerazione delle macrostrutture.

La modifica delle macrostrutture può avvenire in ogni contesto di lavoro attivando i comandi *Modifica* ► *Macro-strutture* che consente l'accesso alla finestra *MacroStrutture*.

Nella finestra è possibile definire le tipologie d'oggetti per la modifica:

- **Pilastrate** Insieme di elementi D2 verticali;
- Travate
 - Insieme di elementi D2 orizzontali o inclinati;
- Allineamenti

Insieme di elementi D2 verticali, orizzontali o inclinati;

• Setti-piastre

Insieme di elementi D3 verticali, orizzontali o inclinati;

Impalcati

Insieme di elementi D2 e solai orizzontali, appartenenti allo stesso piano.

L'attivazione della tipologia d'oggetti permette di utilizzare la ricerca con il contatore riportato nella finestra. Scorrendo il contatore dei numeri, il programma ricerca ed evidenzia con l'effetto cattura il macroelemento associato.

Il comando Seleziona permette di selezionare il macroelemento evidenziato dall'effetto cattura.

Il comando **Deseleziona** permette di annullare la selezione del macroelemento evidenziato dall'effetto cattura.

La casella di testo contiene il numero del macroelemento.

MacroStrutture		×
Pilastrate	⊢Selez. da in	npalcato e nod
C Travate	Inferior	Superiori
C Allineamenti	Pilastri	Pilastri
C Impalcati	Non oriz.	Non oriz.
Seleziona	Setti	Setti
Deseleziona	Pannelli	Pannelli
1		
Assegnazione		
Setta	Autom.	Reset
Numerazione		
1 Setta	Autom.	Reset
Per tutti i macro:		
Blocca numero	Sblocca n	umero

z iniziale= 00

z finale= 1000

Per ulteriori approfondimenti sul comando MacroStrutture si veda il capitolo 5 del manuale "*Introduzione dati: modifica del modello della struttura*".



Permette la selezione contemporanea di tutti gli oggetti visibili.

Il comando è attivo solamente sugli oggetti non soggetti a filtro (esempio: se è attivo il filtro *solo D2*, il comando seleziona solamente tutti gli elementi D2).



Niente

Permette di annullare tutte le selezioni presenti su tutte le categorie d'oggetti.



Edita proprietà

Permette la modifica delle proprietà degli elementi.

(Vedere capitolo 6 del manuale "Assegnazione delle proprietà agli oggetti").



Setta il riferimento

Permette la definizione delle proprietà contenute nel riferimento.

(Vedere capitolo 7 del manuale "Controllo del modello della struttura, rinumerazione degli oggetti e risoluzione problemi").

ччч

🗖 Distanza

Permette di calcolare la distanza tra due punti.



Layer

Permette di entrare nella Tabella dei layer per la definizione o la modifica dell'archivio dei layer.

L'uso dell'archivio dei layer permette di realizzare velocemente le operazioni di visualizzazione di gruppi d'oggetti. L'attivazione o la disattivazione di un layer permette di visualizzare o nascondere gli oggetti ad esso associati.

Il programma predispone automaticamente un archivio di 5 layer attivi utilizzabili direttamente dall'utente; a questi vengono aggiunti eventuali layer importati da file dxf.

🍱 Tabella dei layer	×			
 ✓ [1] Layer 0 ✓ [2] Layer n. 1 ✓ [3] Layer n. 2 ✓ [4] Layer n. 3 ✓ [5] Layer n. 4 ✓ [6] fondazione ✓ [7] pilastri 	Aggiungi Elimina Tutti ON Tutti OFF			
Corrente: Layer 0				
Layer pilastri pilastri Note:				
Colore: Rendi corrente	OK Annulla			

La tabella contiene:

- Finestra per la visualizzazione dei layer dell'archivio;
- La casella Nome per la visualizzazione e la modifica del nome del layer;
- La casella Note per la definizione di eventuali ulteriori personalizzazioni sul layer;
- Il comando **Colore** per la definizione del colore del layer corrente;
- Il comando *Aggiungi* per inserire un nuovo layer nell'archivio;
- Il comando *Elimina* per eliminare il layer selezionato nell'archivio;

- Il comando *Tutti OFF* per spegnere tutti i layer, tranne quello corrente;
- Il comando Tutti ON per attivare tutti i layer spenti;
- Il comando *Rendi corrente* che permette di rendere attivo il layer selezionato nella lista.

Il comando colore permette di modificare il colore del layer per una migliore comprensione del disegno. Per attivare la visualizzazione dell'architettonico in modalità layer è possibile operare nel seguente modo: **Preferenze** ► **Uso colori** ► **Colore architettonico** ► **Layer**

Modifica dell'archivio dei layer

Per modificare il nome o il colore di un layer è necessario operare come segue:

- 1. Selezionare il layer d'interesse nella lista;
- 2. Per modificare il nome è sufficiente digitare il nuovo nome nella casella di testo
- 3. Per modificare il colore è sufficiente premere il comando Colore e fare Click sul nuovo colore della finestra visualizzata;
- 4. Premere Ok.



Gruppi

L'uso dell'archivio dei gruppi permette di realizzare velocemente le operazioni di visualizzazione di insiemi di oggetti.

La struttura dei gruppi è di tipologia "ad albero", cioè ogni gruppo può contenere più sottogruppi. Un oggetto può appartenere a più gruppi e sottogruppi.

L'attivazione o la disattivazione di un gruppo permette di visualizzare o nascondere, con un solo comando, gli oggetti ad esso associati.

Il comando permette di entrare nella tabella di *Gestione dei gruppi* per la definizione o la modifica dell'archivio dei gruppi.

La tabella contiene:

• Finestra per la visualizzazione dei gruppi operativi dell'archivio;

La cornice Gestione:

- Il comando Aggiungi per inserire in archivio un nuovo gruppo.
- Il comando *Rimuovi* per rimuovere un gruppo selezionato.
- Il comando *Tutti ON* per attivare tutti i gruppi spenti;
- Il comando Tutti OFF per spegnere tutti i gruppi;
- Il comando Attiva ON per visualizzare solamente gli oggetti contenuti nel gruppo selezionato; la visualizzazione degli oggetti avviene solamente se il gruppo selezionato è attivo (
- Il comando *Attiva tutto* per visualizzare tutti gli oggetti presenti nei gruppi.

La cornice Nessun gruppo/Gruppo corrente:

- La *casella di testo* per la visualizzazione e la modifica del nome del gruppo; riporta il nome del gruppo selezionato e ne permette la modifica;
- Il comando *Inserisci sel.* che permette di inserire nel gruppo attivo e selezionato, gli oggetti selezionati nel modello;
- Il comando *Rimuovi sel.* che permette di eliminare dal gruppo operativo attivo e selezionato, gli oggetti selezionati nel modello;
- Il comando Svuota che permette di eliminare gli oggetti contenuti nel gruppo attivo e selezionato;
- Il comando Svuota ON che permette di eliminare gli oggetti contenuti nei gruppi attivi;
- Il comando Svuota tutto che permette di eliminare gli oggetti contenuti in tutti i gruppi.

Creazione dei gruppi e dei sottogruppi

Per la generazione dell'archivio dei gruppi è possibile utilizzare due modalità:

- 1. Utilizzando il comando *Aggiungi* o in alternativa, premendo il tasto destro del mouse nella cornice grafica della finestra *Gestione dei gruppi*, attivando il comando *Aggiungi gruppo*. In modo analogo è possibile inserire un sottogruppo, selezionando un gruppo e premendo il tasto destro del mouse nella cornice grafica della finestra *Gestione dei gruppi*, attivando il comando *Aggiungi sottogruppo*. Con comandi e metodologie analoghe è possibile effettuare la rimozione di gruppi e
- sottogruppi.
 Creando automaticamente un archivio di gruppi contenenti ognuno un macroelemento, mediante il comando *Aggiungi gruppi…* visualizzabile premendo il tasto destro del mouse nella cornice grafica della finestra *Gestione dei gruppi*.

Aggiungi gruppi ► Da macro D2 Crea automaticamente un gruppo per ogni macroelemento D2;

► Da macro D3 Crea automaticamente un gruppo per ogni macroelemento D3;

Gestione dei	– 🗆 🗙		
P	po 1 sottogruppo 2 ipo 3 sottogruppo 4 sottogruppo 5		
Gestione			
Aggiungi	Rimuovi		
Tutti ON	Tutti OFF		
Attiva ON	Attiva tutto		
Gruppo corrente			
Nuovo gruppo 1			
Inserisci sel.	Rimuovi sel.		
Svuota	Svuota Svuota ON		
	Svuota tutto		

► **Da macro D3 (notevoli)** Crea automaticamente un gruppo per ogni macroelemento D3, di cui mantiene solamente i nodi che individuano punti notevoli (nodi di estremità. Nodi di vertice di aperture ecc...).

Definizione di un gruppo

Per modificare il nome di un gruppo è necessario operare come segue:

- 1. All'interno della finestra di Gestione dei gruppi selezionare il gruppo d'interesse nella lista;
- 2. Per modificare il nome è sufficiente digitare il nuovo nome nella casella di testo e confermare premendo il comando *Invio* della tastiera;
- Per associare gli oggetti al gruppo operativo è necessario operare come segue:
- 1. Aprire la finestra di Gestione dei gruppi;
- 2. Selezionare gli oggetti del modello da associare al gruppo;
- 3. Attivare (Sa) e selezionare il gruppo di interesse e premere il comando *Inserisci sel.*; in questo modo gli oggetti sono associati al gruppo.
- 4. Per definire la visibilità solamente degli oggetti associati al gruppo attivo (**S**), è sufficiente attivare il comando *Attiva ON*.
- 5. Per ripristinare la visualizzazione di tutti gli oggetti è necessario attivare Attiva tutto.



Visualizza tutto consente di rendere visibili tutti gli oggetti presenti nell'area di lavoro.



Trova Consente di eseguire la ricerca di nodi od elementi in base al loro numero. Attivando il comando si visualizza la finestra Ricerca elementi che consente di individuare e selezionare l'oggetto di interesse. La finestra contiene i seguenti elementi:

Cornice *Tipo ed elenco elementi* Consente di selezionare la tipologia di elementi da cercare.

Casella di testo Consente di inserire il numero degli elementi da cercare.

Comando **Trova** Consente di individuare l'elemento cercato, in base alla tipologia e al numero indicato; l'elemento individuato è collegato al puntatore del mouse mediante la linea elastica per picking.

Comando Seleziona Consente di selezionare l'elemento individuato.

Comando Deseleziona Consente di annullare la selezione dell'elemento individuato.



Piano 3 punti Permette di visualizzare solamente gli oggetti appartenenti ad un piano definito mediante l'assegnazione di 3 punti. Attivando il comando si visualizza la finestra che permette la definizione delle coordinate dei punti in cui passa il piano di interesse; facendo click con il mouse su un nodo della struttura, si definiscono automaticamente le coordinate richieste. Premendo il tasto *Ok* sono nascosti automaticamente gli oggetti non contenuti nel piano di interesse. Chiudere la finestra con il tasto *Esci.*

Piano X-Y Permette di visualizzare solamente gli oggetti appartenenti ad un piano parallelo al piano X-Y. Attivando il comando si visualizza la finestra che permette la definizione delle coordinate del punto in cui passa il piano X-Y di interesse; facendo click con il mouse su un nodo della struttura, si definiscono automaticamente le coordinate richieste. Premendo il tasto *Ok* sono nascosti automaticamente gli oggetti non contenuti nel piano di interesse. Chiudere la finestra con il tasto *Esci*.

Piano X-Z Permette di visualizzare solamente gli oggetti appartenenti ad un piano parallelo al piano X-Z. La metodologia di impiego è analoga alla precedente.

Piano Y-Z Permette di visualizzare solamente gli oggetti appartenenti ad un piano parallelo al piano Y-Z. La metodologia di impiego è analoga alla precedente.

Ricerca elementi				
Tipo ed eler © Nodo	nco elementi- O D3	C Solaio		
O D2	${f C}$ Solido	C Pannello		
Inserire elen	Inserire elenco elementi es. 1,10,11			
Trova	Seleziona	Deseleziona		

Capitolo 5

Introduzione dati: modifica del modello della struttura

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle opzioni per la modifica degli oggetti e del modello della struttura.

Verranno affrontate le seguenti metodologie di modifica dei dati della struttura:

- Modifica del modello della struttura
- Scorciatoie da tastiera
- Uso dei comandi Annulla, Ripristina, Taglia, Copia, Incolla, Cancella
- Comandi di modifica degli oggetti
- Modifica della geometria di strutture ottenute con generatori automatici
 - Il menù Modifica Macro-strutture Selezione del solutore Comandi avanzati Non lineare Aiuto per BIM Aiuto per rotazione travi Svincoli TTRC Aiuto per carichi solidi e D3 Importa/Esporta archivi CSV Trasformazioni Piani sezione Importa/Esporta sottostruttura Importa elementi finiti Stato elementi Trova

Modifica del modello della struttura

Ogni oggetto introdotto in un modello di *PRO_SAP* è un'entità individuale che può essere modificata sia indipendentemente che contemporaneamente ad altri oggetti presenti nel modello.

Questo capitolo presenta i comandi e i procedimenti di modifica del modello della struttura e degli oggetti che lo compongono.

I comandi di modifica sono contenuti nella Barra dei comandi di modifica:



I comandi di modifica hanno effetto solamente sugli elementi selezionati perciò, per l'uso corretto di questa categoria di comandi, è necessario prima selezionare gli elementi a cui si vogliono apportare le modifiche e successivamente attivare il comando di modifica desiderato.



Il programma prevede due distinte misure angolari. Per le operazioni di editing, di controllo armature, ecc... si utilizzano gradi sessagesimali; i risultati delle analisi (rotazioni), i carichi (spostamenti impressi) e le rigidezze (vincoli elastici) sono espressi in radianti.

Scorciatoie da tastiera

Sono disponibili i seguenti comandi da tastiera:

Nuovo	CTRL+N		
Apri	CTRL+O		
Chiudi	CTRL+W	CTRL+N	ALT+F4
Salva	CTRL+S		
Stampa	CTRL+P		
Annulla	CTRL+Z	ALT+BA	СК
Ripeti	CTRL+Y		
Taglia	CTRL+X		
Copia	CTRL+C		
Incolla	CTRL+V	SHIFT+IN	NS
Elmina	CANC		
Inverti selezione	CTRL+A		
Seleziona Nessuno	ESC		
Seleziona Tutto	ESC poi CTR	L+A	
Deseleziona Elemento	CTRL + Click e	elemento	
Trova	CTRL+F	F3 (CTRL+T
Guida	F1		
Racchiudi Vista	Doppio click c	on rotella	i del mouse

Uso dei comandi Annulla, Ripristina, Taglia, Copia, Incolla, Cancella

Annulla: annulla l'ultima operazione

Ripristina: ripristina l'operazione precedentemente annullata

Taglia: taglia gli oggetti selezionati e li salva negli appunti di Windows

Copia: copia gli oggetti selezionati e li salva negli appunti di Windows

Incolla: inserisce nel modello il contenuto degli appunti di *Windows*; il comando è disponibile solamente se negli appunti sono presenti dei dati. Attivando il comando viene visualizzata la finestra per l'inserimento delle coordinate dei due punti che definiscono lo spostamento degli oggetti da incollare dalla posizione iniziale. Queste coordinate possono essere definite cliccando con il mouse sui nodi iniziale e finale oppure, nel caso i punti non coincidessero con nodi della struttura, digitandole da tastiera.

Se si desidera operare in coordinate relative è sufficiente assegnare il valore zero a tutte le coordinate della finestra Stira box ed indicare in una o più coordinate finali (x finale, y finale, z finale) il valore dello spostamento da realizzare

Cancella: cancella i nodi e/o gli elementi selezionati. Il comando attiva un menù a cursore che riporta le opzioni di cancellazione a disposizione dell'utente:

- Nodi ed Elementi: elimina i nodi e gli elementi selezionati
- Solo Nodi: elimina i nodi selezionati
- Nodi con Elementi: elimina i nodi selezionati e gli elementi connessi
- Solo Elementi: elimina gli elementi selezionati
- Elementi con nodi: elimina gli elementi selezionati ed i nodi connessi

Comandi di modifica degli oggetti

I comandi di modifica degli oggetti sono i seguenti:

Stira nodo: stira il nodo selezionato trascinando gli elementi connessi. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. attivare il comando Stira nodo
- 2. cliccare prima sul nodo da stirare e successivamente sul nodo di destinazione. In alternativa inserire le coordinate del nodo da stirare e del nodo di destinazione nella finestra *Definizione spostamento*
- 3. usare il comando Ok per eseguire l'operazione

Stira box: trasla gli oggetti selezionati spostando anche gli elementi connessi. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli oggetti da stirare
- 2. attivare il comando Stira box
- 3. cliccare sul punto iniziale e su quello finale per definire lo spostamento degli oggetti. In alternativa inserire le coordinate del nodo iniziale e di quello finale nella finestra *Definizione spostamento*.
- 4. usare il comando *Ok* per eseguire l'operazione

Se si desidera operare in coordinate relative è sufficiente assegnare il valore zero a tutte le coordinate della finestra Stira box ed indicare in una o più coordinate finali (x finale, y finale, z finale) il valore dello spostamento da realizzare

Esempio: per stirare uno o più oggetti di 100 cm in direzione X usare i seguenti comandi:

- 1. selezionare gli oggetti
- 2. attivare il comando Stira box
- 3. azzerare tutti i valori contenuti nella finestra *Definizione spostamento* cliccando con il tasto destro del mouse in una posizione qualunque della finestra
- 4. assegnare nella casella x finale il valore 100, premere il tasto Ok, quindi il tasto Esci



L= Estende nodi: permette di estendere il nodo di estremità di uno o più elementi fino ad intersecare una direzione assegnata (linea di riferimento). La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare i nodi da estendere
- 2. attivare il comando Estende nodi
- 3. cliccare sul punto iniziale e su quello finale per definire la linea di riferimento. In alternativa inserire le coordinate del punto iniziale e del punto finale nella finestra *Definizione linea di riferimento*
- 4. usare il comando Ok per eseguire l'operazione



Estende verticale: estende i nodi selezionati e gli elementi collegati fino ad intersecare un piano definito dall'utente tramite le coordinate di 3 punti. Questo comando modifica solo la coordinata Z dei nodi. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare i nodi da estendere
- 2. attivare il comando Estende verticale
- 3. cliccare sui tre nodi che individuano il piano di riferimento. In alternativa inserire le coordinate dei nodi nella finestra *Definizione del piano per 3 punti*. Il piano può essere sia orizzontale che inclinato, come per esempio la falda inclinata di un tetto
- 4. Ok per eseguire l'operazione



Sposta su piano: estende i nodi selezionati e gli elementi collegati fino ad intersecare un piano definito dall'utente tramite le coordinate di 3 punti. Gli elementi vengono stirati in direzione perpendicolare al piano indicato. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare i nodi da estendere
- 2. attivare il comando Sposta su piano
- 3. cliccare sui tre nodi che individuano il piano di riferimento. In alternativa inserire le coordinate dei nodi nella finestra *Definizione del piano per 3 punti*. Il piano può essere verticale, orizzontale o inclinato
- 4. usare il comando *Ok* per eseguire l'operazione



Trasla: trasla gli oggetti selezionati. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli oggetti da traslare
- 2. attivare il comando Trasla
- 3. cliccare sul nodo iniziale e su quello finale per definire la traslazione. In alternativa inserire le coordinate del nodo iniziale e di quello finale nella finestra *Definizione traslazione*
- 4. usare il comando Ok per eseguire l'operazione



Ruota: ruota gli oggetti selezionati. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli oggetti da ruotare
- 2. attivare il comando Ruota
- 3. cliccare sui due nodi che definiscono l'asse attorno al quale avviene la rotazione degli oggetti selezionati. In alternativa inserire i valori delle coordinate dei punti nella finestra *Definizione rotazione*
- 4. assegnare il valore dell'angolo di rotazione nella finestra Definizione rotazione
- 5. usare il comando Ok per eseguire l'operazione



Specchia: genera una copia specchiata degli oggetti selezionati. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli oggetti da specchiare
- 2. attivare il comando Specchia
- 3. cliccare sui nodi che definiscono la direzione perpendicolare al piano di specchiatura. In alternativa inserire le coordinate dei punti nella finestra *Definizione piano di specchiatura*
- 4. usare il comando Ok per eseguire l'operazione



Scala: modifica la scala degli oggetti selezionati. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli oggetti da scalare
- 2. attivare il comando Scala
- 3. indicare nella finestra Operazione di scala i fattori di scala nelle direzioni X, Y e Z
- 4. usare il comando Ok per eseguire l'operazione

Copia Trasla: genera una copia degli oggetti selezionati e la inserisce nel modello con una data traslazione rispetto alla posizione nella quale si trovano gli oggetti. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. usare il comando Numero di copie per impostare il numero di copie degli oggetti da generare
- 2. selezionare gli oggetti da copiare
- 3. definire il vettore di traslazione cliccando sul nodo iniziale e sul nodo finale. In alternativa inserire le coordinate dei punti nella finestra *Definizione traslazione*
- 4. usare il comando Ok per eseguire l'operazione



Copia Ruota: genera una copia degli oggetti selezionati e la ruota attorno ad un dato asse. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. usare il comando Numero di copie per impostare il numero di copie degli oggetti da generare
- 2. selezionare gli oggetti da copiare
- 3. cliccare sui due nodi che definiscono l'asse attorno al quale avviene la rotazione degli oggetti selezionati. In alternativa inserire i valori delle coordinate dei punti nella finestra *Definizione rotazione*
- 4. assegnare il valore dell'angolo di rotazione nella finestra Definizione rotazione
- 5. usare il comando Ok per eseguire l'operazione



Copia Specchia: genera una copia speculare degli oggetti selezionati. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli oggetti da copiare
- 2. attivare il comando Copia Specchia
- 3. cliccare sui nodi che definiscono la direzione perpendicolare al piano di specchiatura. In alternativa inserire le coordinate dei punti nella finestra *Definizione piano di specchiatura*.
- 4. usare il comando Ok per eseguire l'operazione



Copia Scala: genera una copia degli oggetti selezionati modificandone la scala. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli oggetti da copiare
- 2. attivare il comando Copia Scala
- 3. indicare nella finestra Operazione di scala i fattori di scala nelle direzioni X, Y e Z
- 4. usare il comando Ok per eseguire l'operazione



Le Divide: divide gli elementi selezionati in n parti uguali. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. usare il comando Numero di divisioni per definire in quante parti devono essere divisi gli oggetti
- 2. selezionare gli oggetti da dividere
- 3. usare il comando Divide



Interseca: divide gli elementi selezionati in corrispondenza di un nodo sovrapposto agli elementi. Per gli elementi D3 e solidi il comando è attivo per i nodi posizionati sul bordo. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli elementi ed i nodi sovrapposti
- 2. attivare il comando interseca



Taglia: taglia uno o più elementi secondo una linea di riferimento assegnata. Il comando è attivo su elementi D2 e D3. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli elementi da tagliare
- 2. attivare il comando taglia
- 3. definire la linea di riferimento cliccando su due nodi. In alternativa inserire le coordinate dei due punti nella finestra *Definizione linea di riferimento*.
- 4. usare il comando *Ok* per tagliare gli elementi selezionati all'intersezione con la linea di riferimento. Se necessario, il programma aggiunge automaticamente alla struttura i nodi per la corretta definizione degli elementi





Estende (regolare): estende uno o più elementi D3 fino a far coincidere il bordo della mesh con la direzione della linea di riferimento. L'estensione della mesh avviene mantenendo inalterata la regolarità della maglia in una delle direzioni. La procedura per usare il comando è la seguente:

- 1. selezionare gli elementi da estendere
- 2. attivare il comando Estende (regolare)

- 3. cliccare sui nodi che definiscono la retta di riferimento. In alternativa inserire le coordinate dei due punti nella finestra *Definizione linea di riferimento*. La retta di riferimento viene disegnata in rosso
- 4. usare il comando *Ok* per eseguire l'operazione. Il passo della maglia in direzione perpendicolare alla direzione di estensione rimane inalterato



Collega nodi: se il comando è attivo generando un nuovo nodo con il comando Copia Trasla viene automaticamente generato anche un elemento D2 che collega il nodo di origine con la copia

Numero di copie: permette di definire il numero di copie da generare utilizzando i comandi Copia Trasla e Copia Ruota

Numero di divisioni: permette di definire il numero di suddivisioni da generare utilizzando il comando *Dividi*

Modifica della geometria di strutture ottenute con generatori automatici

La geometria delle strutture ottenute con i generatori automatici può essere modificata con pochi e semplici comandi:

- 1. Disattivare l'opzione Esclude generati all'interno del comando Filtra
- 2. utilizzare il comando *Vicino* e cliccare su un qualsiasi elemento strutturale. In questo modo, avendo disattivato l'opzione *Esclude generati* verrà selezionata l'intera struttura
- 3. fare doppio clic con il tasto destro all'interno della finestra grafica di PRO_SAP
- 4. usare il comando Rigenera elementi selezionandolo dal menù a puntatore che appare
- 5. modificare i parametri di interesse
- 6. usare il comando Ok per rigenerare la struttura con i nuovi parametri

Il menù Modifica

Il menù Modifica consente di accedere consente di accedere ai seguenti comandi di gestione delle caratteristiche della struttura:

- Macro-strutture
- Selezione del solutore
- Comandi avanzati
- Non lineare
- Aiuto per BIM
- Aiuto per rotazione travi
- Svincoli TTRC
- Aiuto per carico Solidi e D3
- Importa/Esporta archivi CSV
- Trasformazioni
- Piani sezione
- Esporta Sottostruttura
- Importa Sottostruttura
- Importa Elementi finiti
- Stato elementi
- Trova



Macro-strutture

Il menù di gestione delle macrostrutture consente di selezionare i macroelementi creati da *PRO_SAP* tramite l'aggregazione di singoli elementi strutturali di caratteristiche omogenee. Consente inoltre di modificare la definizione e la numerazione dei macroelementi.

Attivando il comando appare la finestra Macrostrutture. Il comando è attivo sugli oggetti visibili.



La modifica delle macrostrutture può avvenire in ogni contesto di lavoro, tuttavia è consigliabile modificare le macrostrutture nel contesto di *Introduzione dati* o di *Assegnazione carichi* perché in alcuni casi (per esempio nelle strutture in muratura o per quelle in XLAM) la definizione dei

macroelementi ha effetto sulle azioni di progetto della struttura e quindi modificare i macroelementi dopo aver eseguito le analisi può portare ad errori nelle verifiche.

Nella finestra Macrostrutture è possibile definire e modificare le proprietà delle seguenti tipologie di oggetti:

- Pilastrate
- Travate
- Allineamenti
- Setti-piastre
- Impalcati

Sono disponibili i seguenti comandi:

- Selezione della tipologia di macroelemento: consente di indicare su quale tipo di macroelementi intervenire (*Pilastrate, Travate, Allineamenti, Setti-Piastre, Impalcati*)
- Seleziona: consente di selezionare il macroelemento evidenziato dall'effetto cattura
- Deseleziona: consente di annullare la selezione del macroelemento evidenziato dall'effetto cattura
- *Contatore*: indica il numero del macroelemento corrente e permette di scorrere tra i vari macroelementi presenti nel modello.
- Cornice Selezione da impalcato e nodi: consente di selezionare gli elementi superiori/inferiori adiacenti a nodi o impalcati selezionati.
- Cornice Assegnazione: consente di definire i macroelementi Setta Consente di definire un nuovo macroelemento Autom. Ripristina la definizione automatica dei macroelementi Reset Annulla l'ultima definizione eseguita
- Cornice Numerazione: consente di modificare la numerazione dei macroelementi (disponibile solo per le tipologie Pilastrate e Travate)

Setta Consente di definire la numerazione del macroelemento *Autom.* Ripristina la numerazione automatica dei macroelementi

- Reset Annulla l'ultima definizione eseguita
- Blocca numero: consente di fissare la numerazione delle travate o delle pilastrate nel caso sia necessario fare modifiche al modello che comportino l'aggiunta o la cancellazione di macrostrutture
- Sblocca numero: consente di sbloccare la numerazione delle macrostrutture.

Definire i macroelementi

Per modificare la definizione dei macroelementi è necessario utilizzare i comandi contenuti nella cornice *Assegnazione* della finestra *MacroStrutture*. La procedura è la seguente:

- 1. all'interno della finestra *MacroStrutture* selezionare la tipologia di macroelemento su cui si vuole intervenire
- 2. selezionare gli elementi strutturali che si desidera facciano parte dello stesso macroelemento
- 3. utilizzare il comando Setta contenuto all'interno della cornice Assegnazione
- 4. in caso di errori è possibile annullare l'ultima definizione eseguita con il comando *Reset* oppure ripristinare la definizione automatica eseguita da *PRO_SAP* con il comando *Autom*. Entrambi i comandi sono contenuti nella cornice *Assegnazione*

Rinumerare i macroelementi

Per modificare la numerazione dei macroelementi è necessario utilizzare i comandi contenuti nella cornice *Numerazione* della finestra *MacroStrutture*. La procedura è la seguente:

- 1. selezionare la tipologia di macroelementi su cui si vuole intervenire
- 2. selezionare il macroelemento da rinumerare
- 3. all'interno della cornice *Numerazione* inserire nella casella di testo il numero da assegnare al macroelemento

MacroStrutture		×
Pilastrate	_Selez. da in	npalcato e noc
C Travate	Inferior	Superiori
 Allineamenti Setti-piastre 	Pilastri	Pilastri
C Impalcati	Non oriz.	Non oriz.
Seleziona	Setti	Setti
Deseleziona	Pannelli	Pannelli
1 .		
Assegnazione		
Setta	Autom.	Reset
Numerazione		
1 Setta	Autom.	Reset
Per tutti i macro:		
Blocca numero	Sblocca n	umero

- 4. assegnare il numero al macroelemento con il comando Setta contenuto nella cornice Numerazione
- 5. in caso di errori è possibile annullare l'ultima definizione eseguita con il comando *Reset* oppure ripristinare la numerazione automatica eseguita da *PRO_SAP* con il comando *Autom*. Entrambi i comandi sono contenuti nella cornice *Numerazione*

Non è possibile modificare la numerazione dei macroelementi tipo setto/piastra

Selezione del solutore

Attraverso questo comando viene attivata la finestra Opzioni per analisi statica e dinamica che consente di intervenire sulla selezione del solutore per le analisi, sulla precisione e sui metodi da utilizzare per il calcolo. Per ulteriori approfondimenti si veda il capitolo 8 del presente manuale *"Assegnazione carichi: modellazione dei carichi agenti sulla struttura".*

Comandi avanzati

La Tabella dei comandi avanzati contiene le cartelle:

- Introduzione dati
- Imperfezioni strutturali

Introduzione dati

Contiene le opzioni di scelta relative alle funzioni di controllo e modifica del modello della struttura.

la dei comandi avanzati	
duzione dati Imperfezioni strutturali	
ieneralità	
🔲 Check dati-struttura: effettuato solo su elementi visibili	(Di noma: NO)
Check dati-struttura: controlla dettami sismici (dimensioni sezioni)	(Di noma: SI)
🦳 Check dati-struttura: consenti elementi sovrapposti	(Di norma: NO)
🦳 Fili fissi: utilizzati solo per le carpenterie (nessun effetto sulle azioni).	(Di norma: NO)
Fili fissi: scarico solaio in asse trave solida (offset anche per il carico)	(Di norma: NO)
🔲 Solai: scarico isostatico anche per elementi in continuità	(Di norma: NO)
🔽 Copia di nodi ed elementi: copia anche i carichi assegnati	(Di noma: SI)
🔲 Edifici esistenti: interpreta nuova sezione come camicia	(Di norma: NO)
D3 :Ripartizione impronte di carico	librio poligon 👻
lodello piano rigido	
🔲 Elementi finiti: solo membrane triangolari	(Di norma: NO)
🔲 Elementi finiti: usa algoritmo più veloce	(Di noma: NO)
Con disframma rigido (traelazioni X e X)	
☐ Con diaframma rigido (traslazioni X e Y) ☐ Con diaframma rigido (traslazioni X e Y, rotazioni Z)	
Con diaframma rigido (traslazioni X e 1) Con diaframma rigido (traslazioni X e Y, rotazioni Z) ravi tralicciate	oli parziali —

Cornice Generalità

- Check dati struttura: effettuato solo su elementi visibili Esegue il controllo del modello della struttura limitatamente alla porzione di struttura visibile.
- Check dati-struttura: controllo dettami sismici (dimensioni sezioni) Esegue il controllo delle dimensioni geometriche delle sezioni e delle lunghezze delle travi con riferimento alle seguenti norme:
 - Circolare 10/04/97, n.65 AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96
 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003"
 - D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni"
- Check dati struttura: consenti elementi sovrapposti Forza il programma ad eseguire le analisi della struttura anche in presenza di più elementi definiti per mezzo degli stessi nodi
- Fili fissi: utilizzati solo per le carpenterie (nessun effetto sulle azioni) L'applicazione dei fili fissi agli elementi strutturali non altera le azioni di calcolo che sono calcolate considerando gli elementi

posizionati in asse. I fili fissi assegnati hanno effetto solo nella generazione degli esecutivi delle carpenterie di piano.

- *Fili fissi: scarico solaio in asse trave solida (offset anche per il carico) Permette* di tenere conto dell'eccentricità del carico applicato dal solaio alla trave nel caso in cui venga assegnato alla trave un filo fisso. Il carico del solaio viene applicato in corrispondenza dell'asse della trave, la cui posizione è determinata in riferimento alla vista solida.
- Solai: scarico isostatico anche per elementi in continuità Consente di considerare uno schema statico di trave semplicemente appoggiata anche per elementi solaio in continuità, quindi con schema di trave su più appoggi. Questo consente di ripartire i carichi agenti sulla struttura indipendentemente dallo schema statico assunto per la progettazione dei solai.
- Copia di nodi ed elementi: copia anche i carichi assegnati Consente di copiare i carichi applicati sugli elementi strutturali, durante la copia di uno o più elementi.
- Edifici esistenti: interpreta nuova sezione come camicia Nel caso sia attiva l'opzione Preferenze → Normative → Verifiche sismiche per edificio esistente assume che la sezione degli elementi strutturali in c.a. sia ottenuta per mezzo di un'incamiciatura.
- D3: Ripartizione impronte di carico Permette di scegliere con quale algoritmo ripartire i carichi di tipo impronta assegnati agli elementi D3.

Cornice modello piano rigido

- *Elementi finiti: solo membrane triangolari* Permette di definire il piano rigido del solaio mediante una mesh di elementi finiti tipo membrana di forma esclusivamente triangolare.
- *Elementi finiti: usa algoritmo più veloce* Permette di definire la mesh di elementi tipo membrana che modella il piano rigido del solaio tramite un metodo più rapido.
- Con diaframma rigido (traslazioni X e Y) Permette di attivare il piano rigido matematico anziché modellarlo tramite una mesh di elementi tipo membrana. Il piano rigido avrà rigidezza solo alle traslazioni.
- Con diaframma rigido (traslazioni X e Y, rotazioni Z) Permette di attivare il piano rigido matematico anziché modellarlo tramite una mesh di elementi tipo membrana. Il piano rigido avrà rigidezza sia alle traslazioni che alle rotazioni.

Cornice Travi tralicciate

- Fase 1 TTRC: automatica Consente di gestire in automatico gli schemi strutturali per le fasi costruttive. Per utilizzare questa opzione è necessario il modulo opzionale 6: analisi non lineare
- *Fase 1 TTRC: automatica lineare*: Consente di utilizzare il metodo lumped mass basato sull'ipotesi semplificata di trascurabilità della rigidezza assiale dei pilastri.
- Fase 1 TTRC: non automatica Attiva la gestione manuale delle fasi costruttive. Per utilizzare questa opzione è necessario il modulo opzionale 6: analisi non lineare. Sarà anche necessario realizzare due modelli distinti: uno per la fase 1 isostatica ed uno per la fase 2 iperstatica.

Cornice Elementi D2 svincoli parziali

- Usa rigidezza assegnata: permette di realizzare svincoli parziali alle estremità degli elementi D2 assegnando la rigidezza degli elementi tra le proprietà degli elementi D2. (Per le traslazioni valori in daN/cm, per le rotazioni valori in daN·cm)
- Usa fattore rigidezza: permette di realizzare svincoli parziali alle estremità degli elementi D2 assegnando, tra le proprietà degli elementi D2, la percentuale di vincolamento rispetto ad un incastro perfetto. Assegnando il valore 0 verrà assegnato uno svincolo totale; assegnando il valore 1 sarà garantita la perfetta continuità tra gli elementi. Sono possibili tutti i valori intermedi.

Imperfezioni strutturali

Contiene i comandi necessari a modificare la geometria del modello.

- Scrivi geometria (file tipo .xyz) Permette di creare un file con estensione .xyz contenente la geometria della struttura. Questa funzione può essere utilizzata per recuperare la geometria iniziale della struttura in seguito all'utilizzo del comando *Modifica geometria (somma file tipo .trs)*
- Leggi geometria (file tipo .xyz) Permette di leggere il file generato con il comando Scrivi geometria (file tipo .xyz) ed aggiornare la geometria della struttura
- *Modifica geometria (somma file tipo .trs)* Permette di leggere un file con estensione .trs, creato con la funzione *Rigidezze geometriche* del contesto di *Visualizzazione dei risultati* contenente la geometria della struttura in condizione deformata. Il comando assegna la deformazione alla struttura presente nella sessione di lavoro
- *Rimuovi imperfezioni da CAD* Effettua un arrotondamento delle coordinate dei nodi del modello. Questo comando può risolvere le situazioni in cui le aste non sembrano convergere al nodo
- *n. cifre decimali utilizzate nelle operazioni*: imposta il numero di cifre decimali da considerare nelle operazioni eseguite dal comando *Rimuovi imperfezioni da CAD*

- *Moltiplicatore per traslazioni* Definisce il fattore di moltiplicazione per le traslazioni quando si utilizza il comando Modifica geometria (somma file tipo .trs)
- *N. cifre decimali utilizzate nelle operazioni* Definisce il numero di cifre decimali da utilizzare (minimo 2, massimo 6)

ntroduzione dati	Imperfezioni strutturali			
Comandi per la geometria della contenute in x	modifica delle coordinate dei struttura (comando Scrivi). L yz; Modifica somma alle coor	i nodi. Archiviare s eggi assegna le c dinate correnti i va	sempre la oordinate alori in .trs	
Scrivi g	eometria (file tipo <i>x</i> yz)]		
Leggi g	eometria (file tipo .xyz)	1		
Modifica geo	ometria (somma file tipo .trs)	Moltiplicatore per traslazioni	1	
Rimuov	i imperfezioni da CAD	1		

Non lineare

Il menù *Non lineare* consente di attivare il comando *Importa capacità D2*, utile per importare la capacità degli elementi tipo trave non lineare in calcestruzzo da un modello sorgente per eseguire l'analisi statica non lineare di una struttura in c.a.

Aiuto per BIM

Consente di migliorare lo schema statico importato da un file in formato IFC.

All'interno di un programma agli elementi finiti è fondamentale che tutti gli elementi che concorrono in un nodo siano opportunamente connessi per consentire il corretto trasferimento delle informazioni. Quando si importano modelli BIM può capitare che alcuni elementi, seppur apparentemente collegati attivando una visualizzazione solida, non siano connessi attraverso i nodi.



All'interno della finestra *Aiuti per schema statico da BIM* è possibile specificare il raggio di azione per la correzione automatica della geometria.

È possibile effettuare l'aggiustamento automatico di tutta la geometria o scegliere la singola tipologia di elemento da correggere (Quote, Pilastri, Pareti, Travi, Solai).

Aiuti per schema statico da BIM	×
Metodo di ricerca e raggio di azione	
O Pilastri I consenti divisione	
○ Pareti Consenti divisione ○ Travi Consenti divisione	Mesh
O Solai	
raggio = 20 [cm]	
	Correggi
	Esci

Aiuto per rotazione travi

Il comando *Aiuto per rotazione travi* consente di impostare la rotazione di un elemento trave attorno all'asse locale 1 rispetto ad un piano di riferimento (per esempio generare una rotazione degli arcarecci per modellarli parallelamente al piano della falda). La rotazione viene assegnata definendo l'angolo della base della sezione della trave rispetto al piano di riferimento individuato da tre nodi della struttura o tre punti nello spazio. Per usare il comando la procedura è la seguente:

Aiut –			×
x riferimer	nto= 0.0)	
y riferimer	nto= 0.0)	
z riferimer	nto= 0.0)	
rotazione a	gg. 0.0)	
ОК		Esc	
		200	" (

- 1. selezionare le travi di interesse
- 2. attivare il comando Aiuto per rotazione travi
- 3. nella finestra *Aiuti per rotazione travi* inserire le coordinate del piano di riferimento (cliccando su un nodo oppure inserendole da tastiera) e definire la rotazione
- 4. usare il comando *Ok* per eseguire l'operazione
- 5. controllare la rotazione assegnata attivando vista solido veloce o linee nascoste veloci

Svincoli TTRC

Consente di definire gli svincoli negli appoggi per travi tralicciate reticolari miste prefabbricate.

Il comportamento di questo tipo di travi può essere suddiviso in due fasi, nella prima fase le travi presentano uno schema isostatico, in quanto la maturazione del getto non è ancora avvenuta, pertanto si rende necessario considerare svincolate le estremità degli elementi D2; nella seconda fase, a maturazione dei getti completata, la struttura diviene un telaio iperstatico, con le estremità degli elementi D2 che dovranno essere vincolate al resto della struttura.

Svincoli TTRC	•	Svincoli struttura < Svincoli TTRC	
	Svincoli struttura> Svincoli TTRC		
		> Svincoli TTRC automatici	
		Svincoli TTRC Utente	

Il comando *Svincoli struttura <-- Svincoli TTRC* assegna a tutti gli elementi D2 con proprietà TTRC gli svincoli in entrambe le fasi



Se il comando non viene attivato PRO_SAP definisce in automatico due casi di carico, considerando per la fase 1 gli svincoli alle estremità (schema statico di tipo appoggio-appoggio) e per la fase 2 le estremità vincolate (schema statico di tipo incastro-incastro).

Attivare il comando solo se si desidera che il modello consideri l'elemento svincolato alle estremità in entrambe le fasi.

Il comando *Svincoli struttura --> Svincoli TTRC* assegna, a tutti gli elementi D2 con proprietà TTRC, gli svincoli definiti all'interno della tabella Edita proprietà anche alla fase 1.

Per attivare il comando bisogna selezionare l'opzione Svincoli TTRC utente.

<u>Attivare il comando solo se si desidera che il modello consideri in fase 1 l'elemento svincolato alle estremità</u> <u>come da proprietà assegnate. Di deafult il programma considera per la fase 1 lo svincolo a flessione.</u>

Aiuto per carichi solidi e D3

Opzione attiva per elementi D3 ed elementi solidi.

Per elementi D3 consente di selezionare e visualizzare il lato dell'elemento a cui assegnare un carico variabile generale di tipo Uso per carico lineare.

Nel caso di elementi solidi consente di selezionare e visualizzare una delle facce dell'elemento solido a cui applicare un carico di pressione o superficie.

Per visualizzare il lato dell'elemento D3 (o la faccia dell'elemento solido) selezionato è necessario che sia attiva l'opzione *Preferenze* \rightarrow *Opzioni elementi* \rightarrow *Elementi Solido e D3 aiuto carico.*

Per selezionare il lato dell'elemento D3 (o la faccia dell'elemento solido) a cui assegnare il carico è necessario:

- attivare l'opzione Preferenze → Opzioni elementi → Elementi Solido e D3 aiuto carico
- premere il comando Modifica → Aiuto per carichi solidi e D3
- ripetere l'applicazione del comando finché non viene evidenziato in azzurro il lato o la faccia dell'elemento desiderato

Importa/Esporta archivi CSV

I due comandi consentono rispettivamente di importare gli archivi da un file .csv e di esportare i dati contenuti negli archivi in un file .csv compatibile con Microsoft Excel.



Importando gli archivi da file .csv vengono sovrascritti tutti gli elementi presenti negli archivi. Si consiglia pertanto di eseguire l'operazione di importazione prima di iniziare a modellare la struttura. I file .csv devono essere realizzati secondo la logica descritta nel seguito.

The .csv devono essere realizzati secondo la logica descritta hel seguito.

Per una corretta importazione dei file .csv è necessario che nel file sia stato utilizzato il punto come separatore dei decimali e la virgola come separatore delle migliaia

Esempio: se si utilizza Microsoft Excel controllare che le impostazioni siano le seguenti

 $\textit{File} \rightarrow \textit{Opzioni} \rightarrow \textit{Impostazioni} \textit{Avanzate} \rightarrow \textit{Separatore decimale}$.

Separatore migliaia,

Materiali

Il file deve essere chiamato *mater.csv* e deve contenere le seguenti informazioni:

- nella *prima colonna* il nome del materiale
- nella seconda colonna il codice 1
- nella *terza colonna* il codice che indica la tipologia di materiale:
 - 1. calcestruzzo
 - 2. acciaio
 - 3. muratura
 - 4. legno
 - 5. materiale generico
- dalla *quarta* alla *nona colonna* le resistenze caratteristica del materiale. Se necessario completare con valori nulli le colonne non utilizzate
- nella decima colonna il peso specifico del materiale
- nell'undicesima colonna il coefficiente di dilatazione termica alfa
- nella dodicesima colonna l'indicazione se il materiale è elastoplastico: 0 = no ; 1 = si
- nella *tredicesima colonna* per il materiale tipo muratura l'indicazione se il materiale è consolidato; per il materiale tipo legno l'indicazione se il materiale è lamellare: codice 0 = no; codice 1 = si. Per materiali diversi da muratura e legno usare sempre il codice 0
- nella quattordicesima e quindicesima colonna i moduli di Young E1 ed E2
- nella sedicesima e diciassettesima colonna i coefficienti di Poisson
- nella diciottesima colonna il modulo di elasticità tangenziale G
- nella diciannovesima colonna per il materiale tipo legno il rapporto tra modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5% ed il modulo di elasticità medio. Per materiali diversi dal legno usare sempre il codice 0
- nella *ventesima colonna* per il materiale tipo legno la velocità di carbonizzazione da utilizzare nelle verifiche di resistenza al fuoco. Per materiali diversi dal legno usare sempre il codice 0
- nella *ventunesima colonna* per il materiale tipo legno l'incremento dinamico. Per materiali diversi dal legno usare sempre il codice 0
- nella *ventiduesima colonna* lo smorzamento

Fili fissi

Il file deve essere chiamato axis.csv e deve contenere le seguenti informazioni:

- nella prima riga il nome del materiale
- nella seconda riga il codice 1
- nella terza riga il codice che indica la tipologia di filo fisso:
 - 1. allineamento
 - 2. Q1
 - 3. Q2
 - 4. Q3
 - 5. Q4
 - 6. Q12
 - 7. Q23 8. Q34
 - 9. Q41
 - 10. Quota fissa
- dalla quarta riga in poi le caratteristiche del filo fisso

Archivio dei solai e coperture

Il file deve essere chiamato *floor.csv* e deve contenere le seguenti informazioni:

- nella prima riga il nome del carico
- nella seconda riga il codice 1
- nella terza riga il codice che indica la tipologia di solaio:
 - 1. solaio di piano
 - 2. solaio di copertura
 - 3. solaio speciale
- dalla guarta riga in poi il carico del solaio ed i coefficienti psi

Carichi generici

Il file deve essere chiamato load.csv e deve contenere le seguenti informazioni:

- nella prima riga il nome del carico
- nella seconda riga il codice 1
- nella terza riga il codice che indica la tipologia di carico:
 - 1. Carico nodale
 - 2. Spostamento impresso
 - 3. Carico distribuito globale
 - 4. Carico distribuito locale
 - 5. Carico concentrato globale
 - 6. Carico concentrato locale
 - 7. Carico termico D2
 - 8. Carico pressione uniforme
 - 9. Carico pressione variabile
 - 10. Carico termico D3
 - 11. Carico variabile generale
 - 12. Carico pressione impronta
- dalla quarta riga in poi le caratteristiche del carico

Trasformazioni

Il comando Trasformazioni consente di accedere al menù per la modifica del tipo di coordinate. È possibile utilizzare coordinate cartesiane o cilindriche.

Piani sezione

Il comando Piani sezione consente di settare fino ad un massimo di sei piani di sezione da applicare alla struttura. Attivando il comando si visualizza la finestra Piani sezione struttura attraverso la quale è possibile definire la direzione normale del piano e la relativa coordinata.

La finestra contiene i seguenti elementi:

- Esporta Consente di esportare i piani di sezione attivi direttamente in dxf
- Auto Consente di far definire in automatico al programma i piani di sezione

Piani s	ezione st	ruttura		×
normal	e al piano		coordinata:	attivo:
$\odot \times$	ΟY	ΟZ	5	v
ΘX	\odot Y	ΟZ	795	
ΟX	€Y	ΟZ	5	
ОX	ΘY	ΟZ	1195	~
ОX	\odot Y	ΘZ	5	
ΟX	ΟY	ΘZ	595	v
Esporta Auto				Auto

Importa/Esporta sottostruttura

La capacità di dialogo di PRO_SAP permette all'utente di importare/esportare, nella corrente sessione di lavoro, strutture o parti di strutture da/verso una o più sessioni di lavoro. L'utilizzo dei comandi di importazione/esportazione di strutture consentono all'utente di:

Recuperare parzialmente o totalmente una struttura già realizzata;

Unire strutture o parti di struttura realizzate da più utenti in diverse sessioni di lavoro;

Gli archivi di sezioni, materiali, fondazioni, carichi, ecc... presenti nella corrente sessione di lavoro, vengono aggiornati in modo automatico con l'acquisizione delle caratteristiche geometriche e di carico proprie della struttura importata.

ll comando del menù 🗐 Modifica

Esporta sottostruttura Permette l'esportazione di una struttura o parte di struttura presente nella corrente sessione di lavoro di PRO SAP.

Importa sottostruttura Permette l'importazione una struttura o parte di struttura nella sessione corrente di PRO SAP.



Gli archivi di sezioni, materiali, fondazioni, carichi, ecc...presenti nella corrente sessione di lavoro vengono aggiornati in modo automatico con l'acquisizione delle caratteristiche geometriche e di carico proprie della struttura importata sovrascrivendo i dati. Si consiglia pertanto di utilizzare nella sessione corrente gli stessi archivi utilizzati nel modello da cui si importa la sottostruttura. In alternativa si consiglia di utilizzare posizioni differenti degli archivi: per esempio, se nella sottostruttura da importare sono stati usate le sezioni dalla numero 1 alla numero 10, nella sessione corrente usare le sezioni dalla numero

11 in poi.

Per esportare/importare una struttura o sottostruttura, è necessario:

- 1. Nella sessione di lavoro corrente selezionare la struttura o sottostruttura che si desidera esportare;
- Attivare i comandi: Modifica > Esporta sottostruttura 2.
- 🗐 Modifica 3. Nella sessione di lavoro di destinazione attivare i seguenti comandi: Importa sottostruttura
- 4. Nella finestra che è visualizzata introdurre (se necessario) le coordinate del punto iniziale e finale del segmento che definisce lo spostamento della sottostruttura, nelle apposite caselle dati (x iniziale, y iniziale, z iniziale, x finale, y finale, z finale), facendo click con il mouse sul nodo, oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto non coincide con un nodo.
- 5. Premere il tasto Ok; premere il tasto Esci.
- 6. Effettuare il salvataggio della nuova sessione di lavoro.

Importa elementi finiti

Con il comando Importa elementi finiti è possibile importare modelli Algor SuperSap e modelli CSI SAP90 selezionando il percorso di riferimento



Stato elementi

Con il comando Stato elementi si accede alla finestra Stato struttura che presenta il conteggio degli oggetti presenti nel modello della struttura.

Trova

Consente di eseguire la ricerca di nodi od elementi in base al loro numero. Attivando il comando si visualizza la finestra Ricerca elementi che consente di individuare e selezionare l'oggetto di interesse. La finestra contiene i seguenti elementi:

- Cornice Tipo ed elenco elementi Consente di selezionare la tipologia di elementi da cercare.
- Casella di testo Consente di inserire il numero degli elementi da cercare.
- *Trova* Consente di individuare l'elemento cercato, in base alla tipologia e al numero indicato; l'elemento individuato è collegato al puntatore del mouse mediante la linea elastica per picking.
- Seleziona Consente di selezionare l'elemento individuato.

Stato struttura X				
704	Nodi			
185	Elementi D2			
582	Elementi D3			
0	Elementi Solido			
37	Elementi Solaio e Pannello			
ОК				

Ricerca elementi				
Tipo ed eler Nodo	nco elementi- O D3	C Solaio		
C D2	${f C}$ Solido	$\mathbf C$ Pannello		
Inserire elenco elementi es. 1,10,11				
Trova	Seleziona	Deseleziona		
• Deseleziona Consente di annullare la selezione dell'elemento individuato.

Capitolo 6

Introduzione dati: Assegnazione delle proprietà agli oggetti

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la definizione del prototipo e l'assegnazione delle proprietà ai nodi e agli elementi della struttura. Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Assegnazione delle proprietà agli oggetti
- Proprietà dei nodi della struttura
- Proprietà degli elementi D2
- Proprietà degli elementi D3
- Proprietà degli elementi Solidi
- Proprietà degli elementi Solaio
- Definizione del riferimento con le proprietà di un oggetto
- Modifica delle proprietà di un oggetto
- Copia delle proprietà di un oggetto

Assegnazione delle proprietà agli oggetti

La realizzazione del modello di una struttura in PRO_SAP prevede, nella fase di introduzione dati, dopo aver definito gli archivi, che contengono alcune delle proprietà geometriche, meccaniche e di carico degli elementi, l'assegnazione delle relative proprietà ai nodi ed agli elementi del modello. In particolare potranno essere assegnate:

- Le proprietà dei nodi della struttura.
- Le proprietà degli elementi D2 della struttura.
- Le proprietà degli elementi D3 della struttura.
- Le proprietà degli elementi solidi della struttura.
- Le proprietà degli elementi solaio della struttura.

La definizione del nodo o dell'elemento di riferimento (nodo o elemento prototipo) può essere effettuata all'interno della finestra *Imposta proprietà di riferimento*, a cui è possibile accedere in due differenti modi.

Nel caso in cui non sia stato ancora definito alcun riferimento, la finestra può essere visualizzata mediante i seguenti comandi di menu:



Nel caso in cui si definisca il riferimento dopo aver introdotto alcuni nodi od elementi del modello, la finestra può essere visualizzata mediante i seguenti comandi:

- 1) Attivare il tasto Nessuno
- 2) Effettuare la selezione di uno o più oggetti di tipologia omogenea (es. solo D2)
- 3) Premere 2 volte il tasto destro del mouse per fare apparire il menu a puntatore
- 4) Selezionare il comando Setta riferimento.

Proprietà dei nodi della struttura

Per la definizione delle proprietà dei nodi si agisce mediante la definizione di un nodo prototipo, che contiene un gruppo di proprietà da assegnare ad uno o più nodi della struttura. Assegnate le proprietà ad uno o più nodi, è possibile modificare il prototipo e quindi assegnare un nuovo gruppo di proprietà ad altri nodi della struttura.

Definizione delle proprietà del riferimento

Le proprietà del riferimento vengono definite nella finestra *Imposta* proprietà di riferimento nodi che riporta:

- > **Posizione** Coordinate del nodo nel sistema di riferimento assoluto
- Fondazione Fondazione definita nel nodo riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare una delle fondazioni contenute nell'archivio. La dicitura Fondazione non definita significa che a quel nodo non è assegnata alcuna fondazione;
- Layer Livello su cui risiede il nodo di riferimento; può essere modificato, scegliendo tra quelli disponibili nell'archivio;
- Isolatore Isolatore sismico definito nel nodo di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno degli isolatori contenuti nell'archivio. La dicitura isolatore non previsto significa che a quel nodo non è assegnato nessun isolatore;
- Codici di vincolo rigido Vincolo esterno infinitamente rigido, applicato al nodo di riferimento. Nella finestra sono riportate 6 caselle di selezione, per il vincolamento rigido delle 3 traslazioni e delle 3 rotazioni del nodo. Per vincolare il nodo è quindi sufficiente selezionare una o più caselle.

Imposte proprietà di r	ferimento nadi 🛛 🗮 🚺
12 7 11 1	+ #7
E Posizione	
х	-365.297 [cm]
¥	578,387 (cm)
Z	0.0 [cm]
🗄 Generalità	
Fondations	Fondazione non definita
Layer	[1] Layer 0
Isolatore	Isolatore non previsto
E Codici di vincolo	rigido
TX 🗋	
TY 🗌	
□ TZ	
RX RX	
RY.	
RZ	
🖃 Vincoli elastici	
TX	0.0 [daN/m]
TY	0,0 (daN/ m)
1Z	0.0 (deN/ m)
RX	0.0 (deN m)
RY	0.0 [daN m]
RZ	0.0 [dah] m]
🗄 Aluti 3D	
Linna X.	
Linea V	
🔲 Linea Z	

Setta Riferimento Rigenera Elementi Vincoli elastici Vincolo esterno elastico, applicato al nodo di riferimento. Nella finestra sono riportate 6 caselle di testo, per il vincolamento elastico delle 3 traslazioni e delle 3 rotazioni del nodo. Per vincolare elasticamente il nodo è quindi sufficiente inserire il valore della rigidezza

del vincolo elastico (costante elastica della molla in daN/cm) nelle relative caselle di testo.

Aiuti 3D (Linea X, Linea Y, Linea Z) Consente di visualizzare tre linee, parallele agli assi di riferimento globale, che facilitano l'utilizzo dei comandi di inserimento dei nodi. Su tali linee, infatti, sono attive le opzioni di cattura punti tipiche della modellazione da disegno architettonico. La gestione delle opzioni di cattura avviene all'interno della finestra visualizzata mediante il comando:

Preferenze ► *Opzioni DXF* ► *Opzioni Architet.* (vedere cap. 5) La finestra *Criteri di cattura punti* può essere mantenuta aperta durante le fasi di modellazione della struttura.

N.B. L'effetto cattura deve essere utilizzato solamente su viste piane e non assonometriche o prospettiche.

Proprietà degli elementi D2

Per la definizione delle proprietà degli elementi D2 si agisce, in modo analogo a quanto visto per i nodi, mediante la definizione di un elemento D2 prototipo, che contiene un gruppo di proprietà da assegnare ad uno o più elementi D2 della struttura. Assegnate le proprietà ad uno o più elementi, è possibile modificare il prototipo e quindi assegnare un nuovo gruppo di proprietà ad altri elementi della struttura.

Le proprietà del riferimento vengono definite nella finestra *Imposta proprietà di riferimento D2* che riporta:

- Elemento tipo Definisce la tipologia di elemento D2 di riferimento. E' possibile definire le seguenti tipologie:
 - *Trave* Tipologia che comprende gli elementi trave e pilastro.
 - *Asta* Tipologia che comprende gli elementi D2 resistenti a solo sforzo assiale.
 - Asta tesa Tipologia che comprende gli elementi D2 resistenti solo a sforzo assiale di trazione (elemento con comportamento non lineare, per l'utilizzo dell'opzione è necessario essere in possesso del modulo Analisi non lineare di PRO_SAP).
 - Asta compressa Tipologia che comprende gli elementi D2 resistenti solo a sforzo assiale di compressione (elemento con comportamento non lineare, per l'utilizzo dell'opzione è necessario essere in possesso del modulo Analisi non lineare di PRO_SAP).
 - Asta non lineare Tipologia che comprende gli elementi D2 asta con comportamento elastoplastico. Rappresenta un elemento in grado di reagire in modo elastico lineare a compressione e a trazione fino ad una tensione massima assegnata e successivamente sempre con tensione costante pari alla massima fissata.
 - *Cinghia* Tipologia che comprende gli elementi D2 caratterizzati da sforzo normale costante.

ella finestra sono riportate 6 cioni del nodo. Per vincolare

🔲 medio (due punti)

🔲 medio (linea)

Roll of orline 1 mb	
12 19 H 3 + 10 h	
Generalita	12.
Elemento tipo	/ Inve
Sezione	[1] Rattangolare b=30.00 H =30.00
Rotazione	0.0 [gradi]
Waterial	[1] Calcedruzzo Classe C23/30
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto NTC2018
Condition Emblentali	Ordinane XD
Filo fisso - pianta	elemento in asse
HID TISSO - SEZIONE	etemento in asse
Layer	[1] Layer ©
U Usa tratti rigicii	and a state of the
Pretersione	0.0 [daht/cm2]
I Iravi TTRC	
anterazione terreno	
Fondazione (faccia inferiore)	10000000000
K ten, vert.	0.0 [dan/cm3]
K terr, oriz	0.0 [daN/cm3]
Codici di rilascio estremită	
Svinceli nedo l	
V2	
U V3	
L] M1	
L M2	
M3	
E SvincoF nodo J	
D N	
V3	
L M2	
∐ M3	
Schema armatura	
Annatura superiore	
Tratto iniziale	100400000
Lunghezza	0.0 [on]
Armatura	0.0 [on2]
G Tratto centrale	
Lunghezza	0.0 [cm]
Armatura	0.0 [cm2]

Trave non lineare Tipologia che comprende gli elementi D2 trave con comportamento elasto-plastico.

- Sezione Sezione assegnata all'elemento di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare una delle sezioni contenute nell'archivio.
- Rotazione Permette di definire una rotazione (in gradi) dell'elemento D2 attorno al proprio asse. Se non è noto l'angolo di rotazione da attribuire alla trave è possibile utilizzare il comando Aiuto per rotazione travi (Vedi capitolo 5 del presente manuale "Introduzione dati: modifica del modello della struttura")
- Materiale Materiale assegnato all'elemento di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei materiali contenuti nell'archivio.
- Criterio di progetto Criterio con cui viene effettuata la progettazione dell'elemento di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei criteri di progetto contenuti nell'archivio.
- Condizioni ambientali (Attivo solo per sezioni in calcestruzzo) Permette di definire la classe di esposizione dell'elemento in funzione delle condizioni ambientali, in conformità alla UNI EN 1992-1-1.
- Filo fisso pianta Filo fisso in pianta dell'elemento di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile assegnare all'elemento uno dei fili fissi orizzontali contenuti nell'archivio. L'archivio dei fili fissi può essere personalizzato dall'utente mediante l'utilizzo della Tabella dei fili fissi. Il programma di default mette a disposizione un archivio di fili fissi standard:
 - Fili fissi per pilastri

Elemento in asse	Filo pilastro S-O	Filo pilastro S-E
Permette di far coincidere l'elemento con l'asse del pilastro (Filo fisso assegnato di	Permette di far coincidere l'elemento con il filo sud-ovest del pilastro.	Permette di far coincidere l'elemento con il filo sud-est del
delault agli elementi).		pilastro.
Filo pilastro N-E	Filo pilastro N-O	Filo pilastro S
Permette di far coincidere l'elemento con il filo nord-est del pilastro.	Permette di far coincidere l'elemento con il filo nord-ovest del pilastro.	Permette di far coincidere l'elemento con la mezzaria del lato sud del pilastro.

Filo pilastro E	Filo pilastro N	Filo pilastro O
Permette di far coincidere l'elemento con la mezzaria del lato est del pilastro.	Permette di far coincidere l'elemento con la mezzaria del lato nord del pilastro.	Permette di far coincidere l'elemento con la mezzaria del lato ovest del pilastro.
 Fili fissi per travi 		
2		2
0 Nodo iniziale	asse	Nodo finale0
		1
${\boxtimes}$		
	Elemento in asse	
	Permette di mantene in asse. (Filo fisso as	ere il filo iniziale e finale della trave ssegnato di default agli elementi).
	Filo trave 0-1	

î.

Î

Î

Ê

Ê

 Filo trave 0-2
Permette di mantenere il filo iniziale della trave in asse, e far coincidere il filo 1 finale della trave con l'asse 0.
Filo trave 0-1

Permette di mantenere il filo iniziale della trave in asse,
e far coincidere il filo 2 finale della trave con l'asse 0.

Filo trave 1-1
Permette di far coincidere il filo 1 iniziale e il filo 1 finale della trave con l'asse 0.

Filo trave 1-0
Permette di mantenere il filo finale della trave in asse, e far coincidere il filo 1 iniziale della trave con l'asse 0.

Filo trave 1-2
Permette di far coincidere il filo 1 iniziale e il filo 2 finale della trave con l'asse 0.

	Filo trave 2-1
	Permette di far coincidere il filo 2 iniziale e il filo 1 finale della trave con l'asse 0.
	Filo trave 2-0
	Permette di mantenere il filo finale della trave in asse, e far coincidere il filo 2 iniziale della trave con l'asse 0.
Ŷ	Filo trave 2-2
<u> </u>	Permette di far coincidere il filo 2 iniziale e il filo 2 finale della trave con l'asse 0.

Filo fisso - sezione Filo fisso in elevazione dell'elemento di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile assegnare all'elemento uno dei fili fissi verticali contenuti nell'archivio. L'archivio dei fili fissi può essere personalizzato dall'utente mediante l'utilizzo della Tabella dei fili fissi inserendo uno o più fili di tipo Quota fissa. Il programma di default mette a disposizione due fili fissi standard:

Z	Filo intradosso
	Permette di far coincidere il filo inferiore della trave con l'asse 0.
Z ↑	Filo estradosso
	Permette di far coincidere il filo superiore della trave con l'asse 0.

- Layer Livello su cui risiede il nodo di riferimento; può essere modificato, scegliendo tra quelli disponibili nell'archivio.
- Opzione Usa tratti rigidi Se attiva permette l'applicazione di conci infinitamente rigidi in corrispondenza dei nodi dei pilastri.

Un problema talvolta rilevante, nell'analisi delle strutture a telaio, riguarda la presenza di nodi di dimensioni finite, tali per cui la schematizzazione come enti puntiformi non è ammissibile al fine di un'adeguata precisione dei risultati. Una soluzione approssimata, ma senz'altro più soddisfacente rispetto a quella che considera i nodi puntiformi e che estende le caratteristiche geometriche delle aste fino alle intersezioni dei loro assi, può essere ottenuta assumendo una rigidezza infinita per i tratti terminali delle aste corrispondenti alle dimensioni finite dei nodi.

L'uso dei conci rigidi permette quindi di effettuare i calcoli utilizzando le lunghezze nette degli elementi.

L'applicazione dei conci rigidi in PRO_SAP <u>avviene solamente sui pilastri</u>, al fine di ottenere minore approssimazione nei risultati del calcolo.

Per visualizzare il risultato dell'operazione è necessario attivare la visualizzazione solida della struttura.



- > **Pretensione** (Attivo solo per sezioni in calcestruzzo) Permette di assegnare all'elemento una pretensione σ_0 (daN/cm2). La pretensione σ_0 è definita come una tensione in assenza di deformazione, pertanto $\sigma = E \cdot \mathcal{E} + \sigma_0$
- Opzione Usa tecnologia TTRC Consente di modellare una trave tralicciata reticolare mista che consideri automaticamente i diversi schemi strutturali durante le fasi costruttive.
- > Interazione terreno
 - *Opzione Fondazione* Permette la modellazione di elementi 2D su suolo elastico alla Winkler.
 - *K terr. vert.* Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) verticale (daN/cm³).
 - K terr. oriz. Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) orizzontale (daN/cm³); la rigidezza laterale equivalente viene calcolata mediante il prodotto:

Superficie x K terr. orizz.

Il comportamento del terreno alla Winkler viene assimilato a quello di un letto di molle tra loro indipendenti. Si ammette che il mezzo reagisca proporzionalmente ai carichi applicati secondo la formula:

$q = K \cdot w$

in cui q è il carico applicato. K è il modulo di reazione del terreno (daN/cm³)

w è lo spostamento verticale in un punto.

Per cui la teoria si basa sull'ipotesi di proporzionalità tra sforzi e deformazioni. La costante di proporzionalità

$K = q / w (daN/cm^3)$

è chiamata modulo di reazione del terreno.

La costante di Winkler viene dunque determinata come rapporto tra il carico applicato ed il cedimento netto; il carico applicato a sua volta è definito dal rapporto tra il carico limite ed il fattore di sicurezza. In linea generale si può ammettere che **K** possa variare tra $0.5 e 16 \text{ daN/cm}^3$.

- Codici di rilascio estremità Codici di svincolo per le tre traslazioni e le tre rotazioni relativi alle estremità iniziale (svincoli nodo i) e finale (svincoli nodo j) dell'elemento di riferimento. Nella finestra sono riportate 6 caselle di selezione, per lo svincolamento delle 3 traslazioni e delle 3 rotazioni delle estremità iniziale e finale dell'elemento D2. Per svincolare le estremità dell'elemento D2 è quindi sufficiente attivare con il mouse una o più caselle di selezione.
- Schema armatura Consente di inserire le armature longitudinali e trasversali sull'elemento D2 ai fini delle verifiche. (Solitamente si utilizza per edifici esistenti per i quali è già nota la disposizione delle armature, ma è possibile effettuare la verifica assegnando un determinato schema di armatura anche per elementi nuovi).

Sia per le travi che i pilastri sono disponibili tre tratti all'interno dei quali è possibile specificare le armature longitudinali e trasversali. <u>Se l'armatura non varia lungo la trave o lungo il pilastro non è necessario compilare tutti e tre i tratti: è sufficiente compilare il tratto centrale e lasciare le lunghezze nulle, PRO_SAP automaticamente estenderà le armature del tratto centrale anche agli altri tratti.</u>

	rmatura superiore	
-	Tratto iniziale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Armatura	0.0 [cm2]
=	Tratto centrale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Armatura	0.0 [cm2]
-	Tratto finale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Armatura	0.0 [cm2]
A	rmatura inferiore	
-	Tratto iniziale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Armatura	0.0 [cm2]
-	Tratto centrale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Armatura	0.0 [cm2]
-	Tratto finale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Armatura	0.0 [cm2]
St	affatura	
-	Tratto iniziale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Diametro	0
	Passo	0.0 [cm]
-	Tratto centrale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Diametro	0
	Passo	0.0 [cm]
-	Tratto finale	
	Lunghezza	0.0 [cm]
	Diametro	0
	Passo	0.0 [cm]

Armatura pilastro	
Base	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro vertici	0
Diametro lati	0
n. ferri lato 1	0
n. ferri lato 2	0
Tratto intermedio	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro vertici	0
Diametro lati	0
n. ferri lato 1	0
n. ferri lato 2	0
🗆 Cima	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro vertici	0
Diametro lati	0
n. ferri lato 1	0
n. ferri lato 2	0
Staffatura	
Base	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0
Passo	0.0 [cm]
Tratto intermedio	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0
Passo	0.0 [cm]
🖃 Cima	
Lunghezza	0.0 [cm]
Diametro	0

Il numero di braccia delle staffe va definito all'interno dell'archivio delle sezioni.

L'armatura delle travi va inserita direttamente come area totale (superiore ed inferiore).

Per i pilastri è necessario differenziare i diametri di vertice, dai diametri dei lati.

Il numero di ferri sui lati si intende come somma di entrambe i lati paralleli, pertanto deve essere sempre un numero pari.

Prendendo come esempio il caso sottostante sul lato L1 dovranno essere definiti 4 ferri (2 sopra + 2 sotto), mentre per il lato L2 andranno definiti 2 ferri (1 destra + 1 sinistra). I 4 ferri di vertice sono considerati automaticamente.

Tabella delle sezioni				
Sezioni generiche Profili semplici Profili accoppiati Dati sezione Armatura trasversale Armatura longitudinale Distribuzione armatura max interasse L1 250 max interasse L1 250 max interasse L2 250 interferro min. L1 20 interferro min. L2 20 n. ferri distribuiti su L1 2 n. ferri distribuiti su L2 1 n. ferri di vertice 1 [dispari 1.3.5] [mm]	[]	2		
C TTRC a) Composta acciaio ds C Senza fondello C TTRC b) c.a. o c.a.p. C Fondello in acciaio C TTRC c) ibrida C Fondello in c.a. Annulla Esci				
Rettangolare: b=60 h=30	Applica	5 ÷		

Non è necessario compilare gli schemi armatura per tutti gli elementi presenti nel modello: come per le altre proprietà, se vi sono elementi con la stessa armatura, è possibile usare il comando *Setta riferimento* e successivamente *Assegna schema armatura* per assegnare gli schemi agli elementi strutturali che sono armati allo stesso modo.

Proprietà degli elementi D3

Per la definizione delle proprietà degli elementi D3 si agisce, in modo analogo a quanto visto per gli elementi D2, mediante la definizione di un elemento D3 prototipo, che contiene un gruppo di proprietà da assegnare, ad uno o più elementi D3 della struttura.

Assegnate le proprietà ad uno o più elementi, è possibile modificare il prototipo e quindi assegnare un nuovo gruppo di proprietà ad altri elementi della struttura.

Definizione delle proprietà del riferimento

Le proprietà del riferimento vengono definite nell'apposita finestra *Imposta proprietà di riferimento D3*, che riporta:

- Elemento tipo Tipologia dell'elemento D3 di riferimento; è possibile definire le seguenti tipologie:
 - Shell Tipologia che comprende gli elementi tipo setto/piastra reagenti ad azioni membranali, flessionali e taglianti;
 - Membrana Tipologia che comprende gli elementi D3 reagenti ai soli sforzi di sollecitazione nel piano.
- > Spessore Spessore dell'elemento D3 di riferimento.
- Materiale Materiale dell'elemento D3 di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei materiali contenuti nell'archivio.
- Criterio di progetto Criterio con cui viene effettuata la progettazione dell'elemento di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei criteri di progetto contenuti nell'archivio.
- Condizioni ambientali (Attivo solo per sezioni in calcestruzzo) Permette di definire la classe di esposizione dell'elemento in funzione delle condizioni ambientali, in conformità alla UNI EN 1992-1-1.
- Filo fisso Filo fisso dell'elemento di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei fili fissi contenuti nell'archivio. L'archivio dei fili fissi può essere personalizzato dall'utente mediante l'utilizzo della *Tabella dei fili fissi*. Il programma di default mette a disposizione un archivio di fili fissi standard.
- Layer Livello su cui risiede l'elemento D3 di riferimento; può essere modificato, scegliendo tra quelli disponibili nell'archivio.
- Svincolo Consente di assegnare svincoli fuori dal piano agli elementi D3, è possibile definire 4 tipologie di svincoli in funzione del lato dell'elemento che si desidera svincolare
 - Lato verde –
 - Lato rosso +



- Lato rosso –
- Lato verde +

I colori e i segni corrispondono alle direzioni positive e negative degli assi locali dell'elemento; per facilitare la scelta dell'utente, cliccando sulla tipologia di svincolo, comparirà in automatico sull'elemento selezionato una linea tratteggiata in corrispondenza del lato sul quale si sta eseguendo lo svincolo.

- > **Pretensione** (Attivo solo per sezioni in calcestruzzo) Permette di assegnare all'elemento una pretensione σ_0 (daN/cm2). La pretensione σ_0 è definita come una tensione in assenza di deformazione, pertanto $\sigma = E \cdot \mathcal{E} + \sigma_0$
- > Interazione terreno
 - Opzione *Fondazione (faccia inferiore)* Permette la modellazione di elementi Shell su suolo elastico alla Winkler.
 - K terr. vert. Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) verticale (daN/cm³).
 - K terr. oriz. Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) orizzontale (daN/cm³); la rigidezza laterale equivalente viene calcolata mediante il prodotto:

Superficie x K terr. orizz.

Proprietà degli elementi Solidi

Per la definizione delle proprietà degli elementi Solidi si agisce, in modo analogo a quanto visto per gli elementi D3, mediante la definizione di un elemento solido prototipo, che contiene un gruppo di proprietà da assegnare ad uno o più elementi solidi della struttura.

Assegnate le proprietà ad uno o più elementi, è possibile modificare il prototipo e quindi assegnare un nuovo gruppo di proprietà ad altri elementi della struttura.

importa proprieta di riferinien	to Setdo
20 4 1 4 - 10	
E Generalità	
Materiale	[1] Calcantruzzo Clance C25/30
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08
Layer	[1] Layer 0
E Interazione terreno	
Fondazione (faccia in.	
Kiterr, vett.	0.0 [tiefW m3]
K tarr. criz.	0.0 [daf4/ m3]

Definizione delle proprietà del riferimento

Le proprietà del riferimento vengono definite nella finestra Imposta proprietà di riferimento Solido che riporta:

- Materiale Materiale dell'elemento solido di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei materiali contenuti nell'archivio.
- Criterio di progetto Criterio con cui viene effettuata la progettazione dell'elemento di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei criteri di progetto contenuti nell'archivio.
- Condizioni ambientali (Attivo solo per sezioni in calcestruzzo) Permette di definire la classe di esposizione dell'elemento in funzione delle condizioni ambientali, in conformità alla UNI EN 1992-1-1.
- Layer Livello su cui risiede l'elemento solido di riferimento; può essere modificato, scegliendo tra quelli disponibili nell'archivio.
- > Interazione terreno
 - Opzione *Fondazione* (*faccia inferiore*) Permette la modellazione di elementi solidi su suolo elastico alla Winkler.
 - *K terr. vertic.* Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) verticale (daN/cm³).
 - K terr. orizz. Costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) orizzontale (daN/cm³); la rigidezza laterale equivalente viene calcolata mediante il prodotto:

Superficie x K terr. orizz.

Proprietà degli elementi Solaio

Per la definizione delle proprietà degli elementi Solaio si agisce, in modo analogo a quanto visto per gli elementi D3, mediante la definizione di un elemento solaio prototipo, che contiene un gruppo di proprietà da assegnare ad uno o più elementi solaio della struttura. Assegnate le proprietà ad uno o più elementi solaio, è possibile modificare il prototipo e quindi assegnare un nuovo gruppo di proprietà ad altri elementi della struttura.

Definizione delle proprietà del riferimento

Le proprietà del riferimento vengono definite nella finestra Imposta proprietà di riferimento Solai che riporta:

- Layer Livello su cui risiede l'elemento solaio di riferimento, può essere modificato, scegliendo tra quelli disponibili nell'archivio.
- > Opzione Usa come pannello Se attiva consente di definire un elemento di tipo pannello.

Il pannello può essere utilizzato come elemento verticale singolo, oppure in sovrapposizione ad un solaio orizzontale. È possibile assegnare il materiale e lo spessore per considerare il peso proprio in automatico, oppure assegnare carichi manualmente.

Attivando l'opzione *Usa come pannello* nella finestra *Imposta proprietà di rifermento Solai* possono essere definite le ulteriori seguenti proprietà:

Inclinazione orditura Consente di definire la direzione del carico. Assegnando il valore 90 il carico del tamponamento verrà applicato alla trave superiore e a quella inferiore (opzione di default), assegnando il valore 0 il carico verrà applicato al pilastro di destra e a quello di sinistra.

22 🕡 🕐 🛷 • 🛤	
🗄 Generalità	
Layer	[1] Layer 0
Una come pannello	
Materiale	[1] Calcentrumor Clame C25/30
Spensore	1.0] cm]
Modello di carico	101000
Inclinatione Orclitura	90.0
Peop inferiore	
Massa inferiore	1.
% Bidirezionalită	0
Deti di progetto	
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM08

- Opzione Peso inferiore Se attiva, l'effetto del peso proprio del tamponamento graverà solo sulla trave inferiore (opzione di default), se disattivata il carico verrà assegnato per metà alla trave superiore e per metà a quella superiore;
- Opzione Massa inferiore Se attiva, l'effetto della massa sismica del tamponamento verrà assegnato solo alla trave inferiore, se disattivata il carico verrà assegnato per metà alla trave superiore e per metà a quella inferiore, in maniera da avere la quota della massa sismica in corrispondenza del baricentro del tamponamento (opzione di default).



Se si utilizza il pannello in sovrapposizione ad un solaio è necessario modificare le impostazioni del programma per forzarlo ad accettare elementi sovrapposti ed evitare messaggi di errore in fase di computazione, questa operazione può essere eseguita attraverso i comandi:

Modifica Comandi avanzati Check dati-struttura: consenti elementi sovrapposti

- Materiale Materiale dell'elemento solaio di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei materiali contenuti nell'archivio.
- Opzione Piano rigido Attivando questa opzione il solaio viene modellato con elementi finiti di tipo membrana.

Il programma inserisce all'interno dei campi solaio degli elementi membrana aventi lo spessore specificato nella casella Spessore

membranale e il *Materiale* dell'elemento solaio sopra definito.

La membrana inserita collega i punti cliccati durante l'input della poligonale del solaio.

Il carico del solaio deriva SOLO dall'archivio di carico, il piano rigido non ha effetto sui pesi.

- Archivio di carico Carico del solaio di riferimento; il valore riportato può essere modificato scegliendo tra quelli contenuti nell'archivio.
- Orditura Orditura del solaio di riferimento; l'orditura del solaio può essere definita in due modi:
 - Per definire l'orditura con direzione qualunque, attivando il comando *Imposta* viene visualizzata la finestra *Definizione orditura* in cui introdurre le coordinate iniziali e finali del segmento che individua la direzione dell'orditura (x iniziale, y iniziale, z iniziale, x finale, y finale, z finale), facendo Click con il mouse sul nodo iniziale e finale,

Imposta proprietà di riferimenti	o Salai 🗧
20 11 1 11 11 11	
🗄 Generalità	
Løyet	[1] Layer 9
Usa come pannello	197010200
Materiale	[1] Calcentrazzo Classe C25/35
Piano rigido	Contract to a
Spectore membranale	1.0 [um]
E Modello di carico	
Archivio di catico	[1] Quol :: 750,00 residentials
Ordéura	Importa
Directore X	0.0
Directore Y	1.0
Direzione Z	0.0
Alternance veriabile	1
% Bidirezonalită	0
Applicazione tomione	12
Modello di calcolo	
Schema statics	*'* Assegnato
Controlla	Victi
Negativo I	0.0
Negativo I	0.0
Minimo Negativo	0.0
% Sek isontation	<u>6.0</u>
E Dati di progetto	
Sectione	[1] T1
Interace travetti	50.0 [cm]
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DMD8

oppure introducendo i valori da tastiera, se il punto iniziale e finale non coincidono a nodi esistenti. La finestra *Definizione orditura* prevede, inoltre, la possibilità di inserire un angolo di rotazione tra la direzione individuata dai punti iniziale e finale e la direzione di orditura dei solai;

- Per definire l'orditura con direzione parallela ad uno degli assi globali X, Y, Z, è sufficiente inserire il valore 1 nella relativa casella di testo *Direzione X*, *Direzione Y*, *Direzione Z*.
- Alternanza variabile Permette di eseguire in modo semiautomatico la disposizione a scacchiera dei carichi accidentali dei solai oppure di gestire carichi variabili con differenti valori dei coefficienti psi.

Per realizzare l'alternanza è necessario attribuire ad ogni solaio un codice (ad es. 1, 2, 3, ecc...), che consente il raggruppamento automatico in casi di carico. Tutti i solai con il medesimo codice formeranno un caso di carico. E' sufficiente introdurre tanti casi di carico *Accidentali solai e coperture (Qsk)* quanti sono i codici utilizzati. Nel primo caso di carico *Accidentali solai e coperture (Qsk)* saranno contenuti i carichi a cui è stato attribuito il primo codice, nel secondo caso di carico saranno contenuti i carichi a cui è stato attribuito il secondo codice e così via.

In questo modo è possibile distinguere le varie tipologie ed i relativi coefficienti psi. Non è necessario utilizzare l'alternanza per i solai di interpiano e di copertura poichè vengono distinti in automatico (creando un apposito caso di carico Qnk).

Per generare le combinazioni della scacchiera di carico è necessario, in fase di generazione delle combinazioni, impostare inizialmente i carichi variabili con interazione di tipo "Inclusivi", generare le combinazioni SLU, rientrare nelle impostazioni generali, impostare un'interazione di tipo "Esclusiva" e generare nuovamente le combinazioni SLU **senza sostituire** le combinazioni create precedentemente

% Bidirezionalità (Valori compresi tra 0 e 50) Permette di attivare l'orditura dei solai di tipo bidirezionale.

Il valore 0 genera un solaio perfettamente monodirezionale, il valore diverso da 0 genera un solaio bidirezionale della quota assegnata. La direzione principale di orditura è indicata dal simbolo con linea continua, quella secondaria (in direzione ortogonale alla principale) dal simbolo con linea tratteggiata.

Per il campo di valori compresi tra **0** e **49%** vengono realizzati gli scarichi come sovrapposizione di due solai, uno nella direzione principale con il carico ridotto della percentuale assegnata e uno in direzione secondaria con il carico pari alla percentuale assegnata. Ad es. assegnando il valore 20% si generano i seguenti scarichi:

- in direzione principale per un carico pari all'80% del carico assegnato;
- in direzione secondaria per un carico pari al 20% del carico assegnato.

Assegnando il valore **50%** viene realizzato il calcolo della lunghezza media dei travetti in direzione principale e in direzione secondaria; successivamente viene calcolata la quota di scarico nelle due direzioni.

Dato un pannello di solaio di lati a e b, la quota parte di carico in *direzione a* si ottiene con il coefficiente K_a, quella in direzione b con il coefficiente K_b

$$K_a = \frac{b^4}{a^4 + b^4}$$
$$K_b = \frac{a^4}{a^4 + b^4}$$

Nell'esempio è stata assegnata ad entrambi i solai una percentuale di bidirezionalità pari al 50%, nel primo solaio i lati a e b sono uguali per cui i coefficienti $K_a \ e \ K_b$ sono pari a 0,5 e il carico viene ripartito in egual misura; nel secondo i lati a' e b' hanno dimensioni diverse per cui lo scarico viene ripartito diversamente nelle due direzioni in base ai coefficienti $K_a' \ e \ K_b'$.



- Opzione Applicazione torsione Se attivo, il programma applica agli elementi in corrispondenza di solai a sbalzo o vincolati alle estremità, le relative sollecitazioni torsionali. Il vincolo di estremità è assegnato dall'eventuale schema statico di tipo Automatico o di tipo Assegnato applicato all'elemento solaio. Le azioni torsionali applicate, visualizzabili nel Contesto di assegnazione carichi, sono rappresentate da un vettore con doppia punta, di colore rosso, allineato alla trave di appoggio del solaio.
- > *Modello di calcolo* Permette la definizione manuale o automatica dello schema statico del solaio:
 - Schema statico Assegnato Permette di assegnare a ciascun solaio i momenti flettenti di estremità. I momenti previsti sono utilizzati per l'individuazione dello schema statico del solaio e quindi per la determinazione dei carichi trasferiti alle travi e alle pareti. I momenti sono definiti assegnando il valore al denominatore (x) del rapporto q·L²/x. Assegnando il valore 0 ad entrambe le estremità è possibile generare un solaio con vincolo di semplice appoggio che scarica secondo le aree di influenza.
 - Schema statico Automatico Permette di impostare il calcolo dei solai secondo lo schema di trave continua su più appoggi.

La definizione può essere forzata con l'imposizione dei seguenti parametri:

- Minimo negativo Momento flettente negativo minimo alle estremità del pannello di solaio, il momento viene definito assegnando il valore al denominatore (x) del rapporto q·L·L/x (ad esempio min q·L²/25);
- %Gsk isostatico Permette di aggiungere, all'inviluppo dei momenti con cui viene progettato il solaio, una ulteriore combinazione in cui una percentuale di carichi permanenti (ad es il 50%) lavora secondo lo schema isostatico (momento positivo massimo q·L²/8).

Dati di progetto

- **Sezione** Permette di assegnare la sezione al travetto del solaio di riferimento, scegliendo tra quelle contenute nell'archivio delle sezioni. Si suggerisce di assegnare il copriferro pari ad 1 cm.
- Interasse travetti Permette di assegnare l'interasse tra gli assi dei travetti del solaio di riferimento, per la definizione del carico.
- Criterio di progetto Criterio con cui viene effettuata la progettazione del solaio di riferimento. Cliccando sulla stringa di testo è possibile selezionare uno dei criteri di progetto contenuti nell'archivio.
- Condizioni ambientali (Attivo solo per sezioni in calcestruzzo) Permette di definire la classe di esposizione del solaio in funzione delle condizioni ambientali, in conformità alla UNI EN 1992-1-1.

Per ulteriori approfondimenti sulla progettazione dei solai si rimanda al capitolo 22 "*Progettazione dei solai*" del presente manuale.

Definizione del riferimento con le proprietà di un oggetto

Setta il riferimento Questo metodo di definizione del riferimento viene utilizzato per definire, in modo automatico, il riferimento secondo le proprietà di un oggetto presente nel modello della struttura. Attivando il comando e facendo Click con il mouse sull'oggetto, il programma imposta in modo automatico il riferimento secondo le proprietà dell'oggetto.

Assegnazione delle proprietà del riferimento ad uno o più oggetti della struttura

Definite le proprietà del riferimento è possibile assegnarle ad uno o più oggetti della struttura.

- L'assegnazione delle proprietà del riferimento viene realizzata con i seguenti comandi:
- 1 Effettuare la selezione di uno o più oggetti di tipologia omogenea (solo nodi, solo D2, solo D3, ecc..);
- 2 Premere due volte il tasto destro del mouse per fare apparire il menu a puntatore;
- 3 Attivare il comando **Setta Riferimento** e definire le proprietà che si desidera assegnare agli oggetti selezionati;
- 4 Premere il comando:
 - Assegna Riferimento per assegnare, agli oggetti selezionati, tutte le proprietà definite nel riferimento;
 - Assegna... (Sezione, Materiale, Criterio, Layer,..) per assegnare, agli oggetti selezionati, una sola delle proprietà definite nel riferimento.

Modifica delle proprietà di un oggetto

Edita proprietà Questo comando permette di effettuare la modifica delle proprietà di un singolo oggetto del modello della struttura; attivando il comando e facendo Click su un elemento viene visualizzata la finestra che contiene le proprietà dell'oggetto in analisi.

Per utilizzare il comando è necessario eseguire i seguenti comandi;

- 1 Premere il comando *Edita proprietà;*
- 2 Fare Click con il mouse sull'oggetto di cui si desidera modificare le proprietà, viene visualizzata la tabella con proprietà dell'oggetto;
- 3 Effettuare le modifiche di una o più proprietà, nella finestra delle proprietà dell'oggetto che viene visualizzata;
- 4 Premere il tasto *Applica* per assegnare all'oggetto le nuove proprietà definite;
- 5 Chiudere la finestra con il consueto comando.

Copia delle proprietà di un oggetto

Per copiare le proprietà di un elemento ed assegnarle ad un altro della stessa tipologia è necessario eseguire i seguenti comandi:

- 1 Premere il comando *Edita proprietà;*
- 2 Fare Click con il mouse sull'oggetto prototipo di cui si desidera copiare le proprietà, viene visualizzata la tabella con proprietà dell'oggetto;
- 3 Premere il comando Setta riferimento per copiare le proprietà dell'oggetto;
- 4 Selezionare gli oggetti della stessa tipologia ai quali si desidera assegnare le proprietà dell'oggetto prototipo;
- 5 Premere il comando:
 - **Assegna Riferimento** per assegnare, agli oggetti selezionati, **tutte** le proprietà definite nel riferimento.
 - Assegna... (Sezione, Materiale, Criterio, Layer,..) per assegnare, agli oggetti selezionati, una sola delle proprietà definite nel riferimento.
- 6 Chiudere la finestra con il consueto comando.

Nel caso di utilizzo del comando **Edita proprietà** nel contesto di Assegnazione dati di progetto, la descrizione delle opzioni riportate, e il loro uso è descritto nel cap. 11 "**Progettazione elementi strutturali in c.a.**" del presente manuale.

Capitolo 7

Controllo del modello della struttura, rinumerazione degli oggetti e risoluzione problemi

Questo capitolo presenta una panoramica dei controlli che il programma in automatico esegue sul modello della struttura.

Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Controllo del modello della struttura, dei carichi applicati e risoluzione problemi Check dati struttura - Messaggi di errore Check dati di carico - Messaggi di errore
- Risultati non trovati
- I comandi di visualizzazione e modifica della numerazione degli oggetti
- Controllo dei warning di Algor

Controllo del modello della struttura, dei carichi applicati e risoluzione problemi

I modelli realizzati con PRO_SAP sono composti da oggetti: nodi, elementi D2, elementi D3, solidi, solai, ecc.., e da altre componenti come vincoli rigidi, elastici, svincoli, fondazioni, ecc.., allo scopo di simulare il reale comportamento della struttura e rispondere alle esigenze della progettazione strutturale.

L'assegnazione dei carichi al modello e lo sviluppo del calcolo, vengono eseguiti correttamente solamente se non sono presenti errori o dimenticanze nella modellazione della struttura; a tale scopo il programma per entrare nella fase di assegnazione dei carichi, richiede opportuni controlli (*Check dati struttura*) sugli oggetti che compongono la struttura e sulle loro proprietà.

Il comando di controllo effettua, inoltre, la rigenerazione della numerazione dei nodi, degli elementi e dei macroelementi.

La numerazione dei macroelementi è possibile solamente dopo aver realizzato il controllo del modello strutturale.

Il controllo del modello viene realizzato cliccando sul comando:

Contesto ► Check dati struttura

Appare la finestra *Controllo dello stato - Report* in cui vengono riportati i controlli effettuati sulla struttura; la lista dei controlli si chiude con la dicitura *Processo completato*!

Una volta terminato il processo chiudere la finestra premendo il tasto X.

Il contenuto della finestra di testo può essere esportato in un qualunque programma di gestione testi.

Check dati struttura - Messaggi di errore

I messaggi di errore che possono comparire durante il processo di Check dati struttura sono i seguenti:

Potenziali labilità selezionate. Forse necessari ulteriori controlli.

Questo messaggio di attenzione avverte sulla presenza nel modello di uno o più nodi o elementi non collegati alla struttura. Tali oggetti sono selezionati in modo automatico ed è possibile isolarli per il controllo.

Elementi con nodi intermedi selezionati. Forse necessari ulteriori controlli. Questo messaggio avverte che nel modello sono presenti uno o più nodi sovrapposti ad elementi ed a loro non connessi; i nodi e gli elementi interessati vengono selezionati in modo automatico ed è possibile isolarli per il controllo.

Il comando Li Interseca permette la connessione automatica dei nodi agli elementi.

Elementi sovrapposti o doppi selezionati. Verificare la modellazione (numerazione elementi). Questo messaggio avverte che nel modello sono presenti elementi sovrapposti; gli elementi interessati sono selezionati in modo automatico ed è possibile isolarli per il controllo. Per facilitare il controllo è

possibile attivare la numerazione degli elementi. Il comando *Elimina* ► *Solo elementi* permette l'eliminazione di uno degli elementi sovrapposti.

> Individuati nodi sovrapposti. Verranno rimossi automaticamente. Forse necessari ulteriori controlli.

Questo messaggio avverte che nel modello sono presenti nodi sovrapposti; i nodi interessati sono selezionati ed eliminati in modo automatico. Per facilitare il controllo è possibile attivare la numerazione dei nodi.

Dopo la visualizzazione del messaggio, è necessario ripetere l'operazione Check dati struttura.

> Generazione scarichi troppo complessa. Suddividere l'elemento D2 x.

Questo messaggio avverte che nel modello sono presenti uno o più elementi solaio che appoggiano su elementi con suddivisioni molto diverse. Se tale differenza non permette la generazione degli scarichi con adeguata precisione, viene visualizzato il messaggio di attenzione e viene predisposto l'inserimento di un nodo intermedio nel solaio.

Attivando il comando **L Divide** viene inserito automaticamente il nodo intermedio.

Generazione scarichi sospetta (divisore del momento assegnato <= 2). Forse necessari ulteriori controlli.</p>

Questo messaggio avverte che nel modello sono presenti uno o più elementi solaio interni alla struttura (non elementi balcone), che scaricano a sbalzo o in modo anomalo.

Elementi D2 con potenziali problemi selezionati (in modello solido). Forse necessari ulteriori controlli.

Questo messaggio avverte che sono stati selezionati gli elementi che presentano un problema visibile solamente in modalità solida. Questo messaggio è tipico della presenza di un filo fisso errato.

Attivando il comando (*pulsante destro del mouse*) **Visualizza ► Isola topologia** è possibile isolare gli oggetti interessati per le opportune modifiche e correzioni.

Attivando il comando **Grafica ► Vista solida** è possibile visualizzare il problema evidenziato.

> Rapporto L/h per D2 di fondazione x non corretto. Forse necessari ulteriori controlli.

Questo messaggio avverte che la sezione assegnata all'elemento di fondazione numero x non è corretta, in quanto il rapporto tra le dimensioni della sezione non è adatto ad una trave di fondazione (es. profilo in acciaio).

Il programma ha rilevato la presenza di elementi D2 con dimensioni non rispondenti ai dettami sismici. Forse necessari ulteriori controlli.

Questo messaggio avverte che esistono uno o più elementi che non rispettano i controlli sismici dimensionali previsti dall'a normativa (dimensione minima pilastri, forma della sezione per travi, eccentricità troppo elevate, ecc...)

Probabili errori nella definizione tipologica. Il programma provvederà alla correzione. Ripetere il check.

Questo messaggio avverte che nel modello sono presenti elementi senza i nodi che li definiscono; i nodi interessati sono inseriti in modo automatico.

Dopo la visualizzazione del messaggio, è necessario ripetere l'operazione Check dati struttura.

Nel caso si desideri procedere ad ulteriori controlli, (premendo *SI*), essendo gli oggetti selezionati in modo automatico dal programma, è sufficiente eseguire i comandi:

Attivando il comando (*pulsante destro del mouse*) **Visualizza ► Isola topologia** viene visualizzato solamente l'elemento o gli elementi da controllare.

A questo punto è possibile effettuare i controlli degli oggetti con le metodologie già presentate (numerazione nodi ed elementi, visualizzazione solida, visualizzazione con effetto esploso, ecc..); per ripristinare la

visualizzazione precedente premere **Visualizza tutto**

Al termine del controllo è necessario chiudere la finestra visualizzata con il consueto comando di chiusura.

Per realizzare il controllo **Check dati struttura** solamente su alcuni elementi della struttura è possibile utilizzare il comando:

Modifica ► Comandi Avanzati ► Check dati-struttura solo su visibili

Questo comando permette di effettuare le operazioni di controllo del modello, solamente sugli elementi visibili.

Check dati di carico - Messaggi di errore

Dopo aver superato correttamente il processo di Check dati struttura è possibile accedere al Contesto di assegnazione dei carichi.

Al termine della fase di assegnazione dei carichi, prima di poter procedere all'esecuzione delle analisi, è necessario eseguire il controllo dei carichi inseriti cliccando sul comando:

Contesto ► Check dati di carico

Questo comando permette di realizzare il controllo dei casi di carico e dei carichi applicati alla struttura. Nel caso in cui siano presenti dei problemi, il programma visualizza il messaggio di errore.

Cliccando sul comando appare la finestra *Controllo dello stato - Report* in cui vengono riportati i controlli effettuati sui dati di carico; la lista dei controlli si chiude con la dicitura *Processo completato!*

Una volta terminato il processo chiudere la finestra premendo il tasto X.

Il contenuto della finestra di testo può essere esportato in un qualunque programma di gestione testi.

I messaggi di errore che possono comparire durante il processo di Check dati di carico sono i seguenti:

> La definizione dei casi di carico sismici non è corretta. La massa risulta nulla - utilizzare il comando di definizione.

Questo comando segnala un errore nella definizione delle masse sismiche. In particolare non sono stati definiti tutti i parametri all'interno della cartella *Casi di carico sismici*.

Per effettuare la correzione è necessario utilizzare i seguenti comandi:

Dati di carico ► *Casi di carico sismici* Consente di accedere alla finestra che permette di definire i parametri del calcolo sismico.

> Elementi D2 con carichi verticali positivi: contributo sismico nullo.

Questo messaggio segnala l'esclusione dalla partecipazione alla generazione delle masse sismiche dei carichi verticali positivi.

- Elementi D3 con carichi di pressione: contributo sismico nullo. Questo messaggio segnala l'esclusione dalla partecipazione alla generazione delle masse sismiche dei carichi con tipologia pressione.
- Tabella di applicazione dei carichi non accessibile. Non esistono casi di carico idonei. Questo messaggio segnala che non esistono nell'archivio i casi di carico (ad es. Gk, Qk, ecc..) in cui è consentito inserire i carichi generici.
- Tabella dei casi di carico non corretta. Settata dal programma. Questo messaggio segnala che il caso di carico corrente non consente l'inserimento dei carichi generici. Il programma modifica in automatico il caso di carico corrente.

Risultati non trovati

In fase di soluzione può accadere che, a causa d'errori di varia natura, il solutore non sia in grado di portare a termine l'esecuzione delle analisi; in questo caso, se è attivata l'opzione *Mostra archivi con errori*, si aprirà automaticamente, mediante l'editor di testo *Blocco Note*, l'archivio *fst.l* presente nella cartella *nomefile_data* contenente, nelle ultime righe del documento, una breve descrizione della tipologia d'errore.

Nel caso in cui il calcolo non giunga a buon fine viene visualizzato al termine delle analisi nella finestra di *Controllo dello stato-report* il messaggio *Risultati non trovati !!!*

Per determinare la causa del messaggio è necessario:

- 1) Controllare la presenza di eventuali labilità nel modello.
- 2) Controllare il percorso di salvataggio del modello e le autorizzazioni di lettura/scrittura file.
- 3) Verificare la corretta installazione del solutore Algor.
- 4) Controllare la presenza errori dovuti alla configurazione del pc.

1) Controllo della presenza di eventuali labilità nel modello

Per avere una descrizione dell'errore che ha provocato l'interruzione del solutore è necessario aprire il file di archivio che contiene i codici di errore. Il file in questione si chiama *fst.l* e si trova nella cartella **nomefile_data** associata al modello; essendo un normale file di testo può essere aperto con il *Blocco note* o con *Wordpad*.

Nelle ultime righe del file fst.l è presente una descrizione dell'errore; di seguito ne sono riportati alcuni:

**** PRINT OF TYPE-7 ELEMENT DATA SUPPRESSED error: DIAGONAL TERM OF ZERO AT I = 3 error: DIAGONAL TERM OF ZERO AT I = 6 Error.

Significa che alcuni elementi di fondazione non sono stati definiti correttamente, ad esempio una trave di fondazione può avere una lunghezza molto piccola in confronto alla sezione, o può essere che in una fondazione puntuale non siano stati definiti tutti i parametri richiesti (coefficienti di Winkler, modulo del palo, ...).

+*** Load case 1
 error: your model isn't tied down enough
 make sure each DOF is set somewhere:
Error.

Significa che nel modello della struttura è presente una labilità che provoca il blocco del solutore in

corrispondenza dell'equazione 91. Per indagare a quale nodo corrisponde il grado di libertà (DOF) 91 è necessario analizzare la tabella con la numerazione delle equazioni, presente nel file *fst.l*.

Le righe della tabella corrispondono ad i nodi del modello; per ogni riga sono presenti, dopo il numero del nodo (che corrisponde alla numerazione dei nodi in PRO_SAP), 6 colonne che corrispondono ai 6 gradi di libertà del nodo: 3 traslazioni (DX, DY, DZ) e 3 rotazioni (RX, RY, RZ). Il titolo della tabella può essere:

1**** EQUATION NUMBERSNDXDYDZRXRYRZ1123456

Oppure, nel caso sia stata fatta l'ottimizzazione di banda:

1**** EQUATION NUMBERS AFTER MINIMIZATION

OLD NODE	NEW NODE	DX	DY	DZ	RX	RY	RZ
1	218	1303	1304	1305	1306	1307	1308

E' necessario effettuare la ricerca del valore del grado di libertà che presenta la labilità. Nell'esempio preso in considerazione si deve ricercare l'equazione n. 91 all'interno della tabella:

Ν	DX	DY	DZ	RX	RY	RZ
1	1	2	3	4	5	6
2	7	8	9	10	11	12
[]						
14	79	80	81	82	83	84
15	85	86	87	88	89	90
<mark>16</mark>	<mark>91</mark>	92	93	94	95	96
17	97	98	99	100	101	102

Il numero del nodo che presenta labilità si trova nella colonna (N), in questo caso sarà il nodo n. 16 e, nello specifico, sarà necessario controllare la traslazione x del nodo (l'equazione n. 91 si trova infatti nella colonna corrispondente alla traslazione X \rightarrow DX).

Nel caso sia stata fatta l'ottimizzazione di banda il numero del nodo è da ricercare nella colonna (OLD NODE).

Ora sarà sufficiente selezionare il nodo n. 16 nel modello PRO_SAP con il comando *Trova*, indicando il nodo.

Per far sì che il file *fst.l* venga aperto in automatico in caso di errori è necessario, nel contesto di *Assegnazione carichi* selezionare:

Modifica ► Comandi avanzati ► Mostra archivi con errori

2) Controllare il percorso di salvataggio del modello e le autorizzazioni di lettura/scrittura file.

Per verificare se si tratta di un problema relativo al percorso di salvataggio in quella determinata posizione del PC/server è sufficiente fare una copia del modello e salvarla direttamente in C:\ se in questa posizione le analisi vengono portate a termine correttamente significa che è un problema del percorso di salvataggio o di autorizzazione alla lettura/scrittura in quella determinata cartella.

Il nome ed il percorso del modello non devono avere caratteri speciali (.,; * + - ecc...)

Se il nome utente del pc è qualcosa del tipo nome.cognome o nome-cognome nel percorso della cartella documenti o del desktop ci sarà un carattere speciale perché saranno qualcosa del tipo nome.cognome\desktop\

3) Verifica della corretta installazione di Algor

(procedura riservata ai vecchi utenti che dispongono ancora della licenza Autodesk Algor e che non stanno utilizzando il solutore integrato e_SAP)

Per controllare la corretta installazione del solutore è necessario eseguire le analisi di un esempio test:

Start \rightarrow Programmi \rightarrow PRO_SAP - Menu \rightarrow Esempi \rightarrow PRO_SAP Esempio - Test installazione

ed eseguire il comando:

Contesto ► Riesecuzione veloce

- Se la finestra Controllo dello stato report presenta il messaggio Risultati non trovati significa che il solutore non è installato correttamente.
- Se la finestra Controllo dello stato report presenta il messaggio Processo completato significa che il solutore è installato correttamente, sarà quindi necessario controllare al presenza di eventuali labilità del modello.

Per vecchie versioni di Algor (precedenti alla 12) è necessario settare alcune variabili nel sistema operativo per far sì che Algor possa funzionare.

Per Windows 95/98 nel file autoexec.bat aggiungere:

SET ALGMEM = 250000 (per pc con 512 MB di RAM)

SET ALGMEM = 500000 (per pc con 1 GB di RAM)

Nei casi diversi è sufficiente immettere un valore pari alla metà circa della memoria RAM disponibile.

Aggiungere al PATH il nome della cartella in cui è stato installato ALGOR, ad esempio c:\ALGOR

Per Windows NT, ME, XP e superiori è necessario definire le variabili d'ambiente nel seguente modo:

- 1. Fare Click col tasto destro del mouse sul comando *Risorse del computer* e selezionare il comando *Proprietà*;
- 2. Nella tabella Avanzate fare Click sul comando Variabili d'ambiente;
- 3. Nella cornice Variabili di sistema cercare path e fare Click su modifica;
- 4. Nel valore della variabile aggiungere in coda la directory di installazione di Algor separata dal punto e virgola, ad esempio: [...] C:\Windows;C:\Algor e fare Click su OK;
- 5. Nella cornice Variabili di sistema fare Click su *Nuovo* e inserire in *Nome variabile*: **ALGMEM**
- 6. Inserire in valore variabile: 250000 (per pc con 512 MB di RAM, o 500000 per pc con 1 GB di RAM, immettere un valore pari alla metà circa della memoria RAM disponibile);
- 7. Fare Click sui comandi OK per chiudere la finestre delle variabili d'ambiente.

4) Controllo della presenza di errori dovuti alla configurazione del pc

Se nel file *fst.l* compare un messaggio che indica che lo spazio a disposizione sull'hard disk non è sufficiente selezionare, nel contesto di *Assegnazione carichi*:

Modifica ► *Selezione del solutore* Si aprirà la finestra *Opzioni per analisi statica e dinamica*, nella quale è possibile incrementare il valore della memoria a disposizione del solutore, nella casella % *di memoria RAM disponibile per il solutore* (si può arrivare fino all'80%).

Nel caso in cui nella fase di Salvataggio dati per l'analisi si visualizzi il messaggio La versione ALGOR installata non è attualmente supportata. E' necessario contattare il fornitore è sufficiente selezionare, nel contesto di Assegnazione carichi:

Modifica ► *Selezione del solutore* Si aprirà la finestra *Opzioni per analisi statica e dinamica*, nella quale è possibile definire, cliccando su *Sfoglia*, il percorso da assegnare per l'individuazione del solutore *Algor SUPERSAP*.

Opzioni per analisi statica e dinamica	×
Impostazione solutore ✓ Usa e_SAP (solutore ottimizzato per PR0_SAP) Shell-drilling come versione 2011-06-155 ✓ Usa Boundary Condition (non Boundary Element) ✓ Usa Elementi Finiti Plate-Shell a 6-9 nodi Usa Elementi Finiti Plate-Shell a 6-9 nodi Usa Elementi Finiti Membrane a 6-9 nodi Usa analisi modale LDRV Ø Minima percentuale massa eccitata con LDRV [*] Ø Massima frequenza di interesse [*] Interfaccia con Autodesk Algor	Impostazioni output spostamenti sollecitazioni dati elementi energie modali Impostazioni opzioni speciali Segni da max. Automatico Composizione Segni da max. 0 Minimo coeff. di correlazione R0ij (per CQC) 1 Moltiplicatore rigidezze vincoli (B. Element) 1 Moltiplicatore penalty factor 50 % memoria RAM disponibile per il solutore [*] Con il valore 0 la ricerca non è influenzata
100 [0.001 [per iterativo]	0K Annulla

- Nel caso sia presente una delle seguenti problematiche:
 - il modello possiede pochi gradi di libertà e si sono richiesti molti modi di vibrare;
 - il modello presenta una labilità e l'analisi dinamica non riesce ad arrivare a convergenza;
 - il solutore dinamico non è istallato correttamente.

Al termine del calcolo viene presentato il messaggio di errore *Il numero di modi richiesto non è stato individuato. Si desidera procedere con n. -1 modi*

La risoluzione del problema avviene nel seguente modo:

- Se il modello possiede pochi gradi di libertà è necessario diminuire il numero dei modi di vibrare;
- Se il modello presenta una labilità è necessario individuare la labilità aprendo il file dynx.l con il Blocco Note e ricercare nelle ultime righe il codice di errore;

 Se il solutore dinamico non è istallato correttamente è necessario realizzare un test eseguendo il calcolo dinamico di un modello privo di errori (uno degli esempi guidati contenuti nella cartella ESEMPI_2SI), e se necessario reinstallare il solutore Algor SUPERSAP.

I comandi di visualizzazione e modifica della numerazione degli oggetti

Durante le fasi di modellazione è possibile visualizzare la numerazione dei vari oggetti.

Durante la modellazione, la numerazione dei nodi, degli elementi D2, degli elementi D3, degli elementi solidi e degli elementi solaio-pannello viene definita in modo automatico dal programma, in base alla posizione geometrica nel sistema di riferimento globale.

La numerazione delle macrostrutture (pilastrate, travate, pareti ecc...), attivabile solamente dopo aver eseguito il check dati struttura, può essere modificata mediante i comandi riportati nel Capitolo 4 del presente manuale.

<u>Al termine delle fasi di modellazione è consigliato realizzare la rinumerazione degli oggetti, al fine di velocizzare la risoluzione e riordinare la numerazione di oggetti inseriti in tempi diversi e in diverse parti della struttura.</u>

Per visualizzare o modificare la numerazione degli oggetti è necessario eseguire i seguenti comandi:

Preferenze ► **Numerazioni** Viene visualizzata la Finestra Opzioni di numerazione che riporta le opzioni ed i comandi di gestione della numerazione degli oggetti.

La finestra contiene le seguenti opzioni:

- Elementi Contiene le opzioni per la visualizzazione della numerazione degli elementi (nodi, elementi D2, elementi D3, elementi solido, elementi solaio-Pannello).
- Aiuti Contiene le opzioni per la visualizzazione degli aiuti alla modellazione:
 - Fili fissi Numerazione dei fili fissi;
 - Linee di costruzione Comando riservato a future versioni;
 - Numera Selezione Consente di visualizzare la numerazione dei soli elementi selezionati.



- Archivi Consente la visualizzazione della numerazione degli archivi contenuti nelle finestre delle proprietà degli oggetti (sezione, materiale, fondazione ecc...).
- Gruppi di Elementi Contiene le opzioni per la visualizzazione della numerazione dei macroelementi e della loro numerazione interna.

Per la definizione e la modifica del tipo di testo e del colore dei numeri è necessario utilizzare i comandi *Colore* e *Testo* dopo aver attivato un'opzione di visualizzazione.

Con il comando *Colore* viene visualizzata la finestra *Colore* per la definizione della colorazione da attribuire ai numeri visualizzati.

Con il comando *Testo* viene visualizzata la finestra *Tipo di carattere* che consente la definizione dello stile e della dimensione dei numeri visualizzati.

Per eseguire la rinumerazione degli oggetti è necessario procedere nel seguente modo:

1. Attivare il comando

Preferenze ► *Setta numerazione* Viene visualizzato il menu di selezione della tipologia di oggetti di cui si desidera rigenerare la numerazione.

- 2. Selezionare la tipologia di oggetti da rinumerare, per visualizzare la finestra *Opzioni per la rinumerazione*. La finestra contiene le opzioni di rinumerazione applicabili alla tipologia di oggetti selezionati.
- 3. Nella finestra *Opzioni per la rinumerazione*, selezionare l'opzione di interesse.
- 4. Premere il tasto *Applica* per confermare il comando e per rigenerare lo schermo.

Opzioni per la rinumerazione dei nodi:

Per posizione

	Set	ta numerazione 🕨	Rinumei Rinumei Rinumei Rinumei Rinumei	razione Nodi razione D2 razione D3 razione Solidi razione Solai
		Opzioni per la rinum	erazione	×
ıe	e di	Per posizione • XY Z (passo)	Per pr	oprietà ayer
re	e lo	C ZY X (passo) C YX Z (passo)		pessore ezione
				riterio arico
		Definizione passo p 0 Interv la vari coord	er nodi allo nella nume iazione della tei inata es. zxY (i	razione per za default 0)
		L	OK	Annulla

XYZ(passo) Opzione che definisce la numerazione degli oggetti in modo crescente secondo l'asse X, e a parità di coordinata X secondo l'asse Y, quindi secondo l'asse Z;

ZXY(passo) Opzione che definisce la numerazione degli oggetti in modo crescente secondo l'asse Z, e a parità di coordinata Z secondo l'asse X, quindi secondo l'asse Y;

ZYX(passo) Opzione che definisce la numerazione degli oggetti in modo crescente secondo l'asse Z, e a parità di coordinata Z secondo l'asse Y, quindi secondo l'asse X;

YXZ(passo) Opzione che definisce la numerazione degli oggetti in modo crescente secondo l'asse Y, e a parità di coordinata Y secondo l'asse X, quindi secondo l'asse Z;

- Definizione passo per nodi Permette la rinumerazione dei nodi con intervalli di numerazione legati alla variazione della terza coordinata (es. rinumerazione XYZ(passo), Z è la terza coordinata, definendo 100, il secondo impalcato avrà numerazione che parte da 101, ecc..)
- Per proprietà

Layer Permette la rinumerazione degli oggetti in base al layer di appartenenza e alla sua posizione nell'archivio

Opzioni per la rinumerazione degli elementi D2:

- Per posizione
- Per proprietà

Layer Permette la rinumerazione degli oggetti in base al layer di appartenenza e alla sua posizione nella tabella dei layer;

Materiale Permette la rinumerazione degli oggetti in base al materiale assegnato e alla sua posizione nell'archivio materiali.

Sezione Permette la rinumerazione degli oggetti in base alla sezione assegnata e alla sua posizione nell'archivio delle sezioni;

Criterio Permette la rinumerazione degli oggetti in base al

criterio di progetto assegnato e alla sua posizione nell'archivio dei criteri di progetto.

Opzioni per la rinumerazione degli elementi D3:

- Per posizione
- Per proprietà

Layer Materiale Spessore Criterio

Opzioni per la rinumerazione degli elementi solidi:

- Per posizione
- Per proprietà

Layer Materiale Criterio

Opzioni per la rinumerazione degli elementi solaio:

- Per posizione
- Per proprietà
 - Layer Materiale Sezione Criterio Carico

Nel caso in cui il valore definito nella casella *Intervallo nella numerazione per la variazione della terza coordinata* (attivo solamente per la rinumerazione dei nodi) sia inferiore al numero dei nodi presenti su uno dei piani definiti dalla terza coordinata, viene visualizzato il messaggio di errore *"Il passo indicato non è sufficiente. Si adotta rinumerazione con passo 0".*

Controllo dei warning di Algor

Dalla versione 5.1.0 di PRO_SAP è possibile visualizzare in maniera automatica un file di testo contenente l'elenco dei messaggi del solutore, come previsto dal D.M. 2008.

Tale funzionalità consente al progettista un uso più consapevole della modellazione a elementi finiti.

I messaggi forniti dal solutore sono di due tipi:

- messaggi di warning;

- messaggi di errore.

I messaggi di warning sono informazioni sulla elaborazione (ad esempio sulla fattorizzazione della matrice delle rigidezze) e, in generale, sono da ritenersi messaggi di approfondimento e, come tali, non devono allarmare il progettista.

I messaggi di errore, al contrario, indicano un funzionamento non normale del solutore che compromette l'esito dell'analisi e non possono essere ignorati.

Messaggi di warning di Algor più comuni:

- Warning: zero stiffness replaced by 1.0E+20 at EQN#490, NODE#82 Rx Indica che nell'equazione numero 490 è stata trovata una rigidezza nulla e viene sostituita con una rigidezza di 1.0E+20. Tale messaggio compare, ad esempio, se nel modello sono presenti dei balconi e quindi dei nodi di costruzione per cui non passano elementi finiti (il balcone è solo un carico per la struttura). Si suggerisce di ignorare questo messaggio.
- Warning: (Masses/No. Frequencies) ratio is low for sparse solver.
 Indica che il solutore Skyline è più adeguato del solutore Sparse per la risoluzione del modello. Si consiglia di selezionare, nel contesto Assegnazione carichi:

Modifica ► *Selezione del solutore* Selezionare il solutore 1) *skyline* e disattivare l'opzione *modale sparse mat.*

Warning: max/min stiffness ratio = 4.4637E+11
 Indica il rapporto tra il massimo e il minimo valore delle rigidezze. Si suggerisce di ignorare il messaggio se il rapporto è minore di 1E+21, in caso contrario verificare che nel modello non siano presenti elevate variazioni di rigidezza.

Messaggi di errore di Algor più comuni:

- Error: your model isn't tied down enough make sure each DOF is set somewhere 139
 Indica che il modello non è vincolato abbastanza, pertanto non è possibile visualizzare i risultati dell'analisi. Si suggerisce un controllo del modello.
- Error: Eigensolver failure. Possible rigid body modes.
 Indica che l'analisi dinamica modale non è andata a buon fine. Si suggerisce di sostituire il sisma dinamico con il sisma statico e verificare la presenza di eventuali labilità.

Capitolo 8

Assegnazione carichi: modellazione dei carichi agenti sulla struttura

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la modellazione dei carichi agenti sulla struttura, nel contesto di assegnazione dei carichi. Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Modellazione dei carichi agenti sulla struttura
- Definizione dei casi di carico
- Casi di carico: aiuti
- Definizione dei casi di carico automatici
- Definizione dei casi di carico non automatici
- Definizione dei casi di carico semi-automatici
- Analisi sismica secondo D.M. 14 gennaio 2018
- Analisi sismica secondo D.M. 14 gennaio 2008
- Analisi sismica secondo D.M. 16 gennaio 1996
- Analisi sismica secondo Ordinanza 3274
- Analisi sismica secondo UNI EN 1998-1:2005 EC 8
- Definizione dei carichi generici
- Il carico variabile generale Utilizzo del carico variabile generale per la definizione delle masse sismiche
- Applicazione dei carichi generici alla struttura Applicazione della spinta dovuta al terreno Applicazione automatica del carico della spinta del terreno agli elementi pannello e D3 Applicazione automatica del carico da vento agli elementi pannello e D3 Applicazione dei carichi agli elementi solidi
- · Importa azioni da file
- Importa/Esporta reazioni vincolari
- Uso dei casi di carico esterni (Fasi costruttive)
- Visualizzazione dei carichi applicati alla struttura
- Definizione delle combinazioni di carico Generazione automatica delle combinazioni di calcolo Importazione delle combinazioni da file
- II menu Modifica Macro-strutture Selezione del solutore Comandi avanzati Aiuto per carichi solidi e D3 Importa/Esporta archivi CSV Trova
- Gestione delle opzioni di contesto

Modellazione dei carichi agenti sulla struttura

L'applicazione dei carichi alla struttura e la generazione delle combinazioni di calcolo avviene nel contesto di *Assegnazione carichi* a cui è possibile accedere solamente dopo aver eseguito correttamente il check dati struttura. Per accedere al contesto di *Assegnazione carichi* è possibile usare il comando **Contesto > Assegnazione carichi** oppure cliccare direttamente sul *Tab contesto* di *Assegnazione carichi*.

I comandi utili per l'assegnazione dei carichi alla struttura ed il controllo dei dati inseriti si trovano nella Barra dei Casi di carico/Combinazioni:



- *Visualizza casi di carico*: permette di visualizzare i carichi contenuti nel caso di carico corrente
- *Visualizza combinazioni*: permette di visualizzare i carichi contenuti nella combinazione di <u>carico</u> corrente
- Controlla: permette di eseguire il controllo delle informazioni di carico sui singoli elementi strutturali

Definizione dei casi di carico

PRO_SAP permette la gestione e l'applicazione dei carichi alla struttura solamente se questi si trovano all'interno di casi di carico.

I casi di carico sono archivi contenenti uno o più carichi di tipologia omogenea (ad es. caso di carico con carichi dovuti al peso proprio della struttura, caso di carico con carichi di tipo permanente, ecc...) applicati ad uno o più oggetti anche di tipo diverso (elementi D2, elementi D3, ecc...)



Il numero massimo di Casi di carico definibili è pari a 80.

È possibile inserire manualmente i casi di carico necessari attivando la *Tabella dei casi di carico* con il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico*.

In alternativa il programma prevede degli automatismi che aiutano l'utente ad inserire i casi di carico necessari per l'analisi nella *Tabella dei casi di carico*. È possibile accedere a questi automatismi con il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico: aiuti...*

Sono previsti i seguenti tipi di casi di carico:

- Gyk Caso di carico comprensivo del peso proprio della struttura
- **Gk** Caso di carico con azioni permanenti
- Qk Caso di carico con azioni variabili
- **Gsk** Caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
- **Qsk** Caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
- **Qnk** Caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
- Qtk Caso di carico comprensivo di una variazione termica
- **Qvk** Caso di carico comprensivo di azioni da vento
- **Esk** Caso di carico sismico con analisi statica (lineare o non lineare)
- *Edk* Caso di carico sismico con analisi dinamica
- *Etk* Caso di carico comprensivo di spinte del terreno in condizioni sismiche
- Pk Caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di <u>tipo automatico</u>, ossia non prevedono l'introduzione di dati da parte dell'utente e non richiedono alcuna assegnazione di azioni, i seguenti casi di carico: *Gyk, Gsk, Qsk, Qnk*. Per i casi di carico di tipo Gsk l'utente può specificare se si tratta di carichi compiutamente definiti o non compiutamente definiti.

Tabella dei casi di	carico	×
$G_{\mathbf{Y}k} G_k Q$	$k G_{sk} Q_{sk}$	Qnk Qtk Qv
Esk Edk E	$k P_k$	
Caso di carico com CDC=Ggk (peso p	ente roprio della struttura)	
Copia	Incolla	1 .
Applies		

Sono di *tipo semi-automatico*, ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente e non richiedono alcuna assegnazione di azioni, i seguenti casi di carico: *Qtk, Esk, Edk*.

Sono di *tipo non automatico*, ossia prevedono la diretta applicazione delle azioni agli elementi strutturali, i restanti casi di carico: *Gk, Qk, Qvk, Etk, Pk*. Per i casi di carico di tipo Gk l'utente può specificare se si tratta di carichi compiutamente definiti o non compiutamente definiti.



Per la definizione di carico compiutamente definito e carico non compiutamente definito fare riferimento al §2.6.1 del DM2018

Per inserire manualmente i casi di carico nella *Tabella dei casi di carico* è necessario:

- 1. Accedere alla tabella con il comando Dati di carico > Casi di carico
- 2. Fare doppio clic sul caso di carico di interesse
- 3. Cliccare su Applica per confermare l'inserimento del caso di carico

Per inserire un ulteriore caso di carico:

- 1. Avanzare di una posizione con l'apposito contatore
- 2. Inserire un ulteriore caso di carico
- 3. Confermare l'inserimento con Applica

Se non viene usato il comando Applica il caso di carico non verrà definito.

Casi di carico: aiuti

Il programma mette a disposizione dell'utente la finestra *Casi di carico – Aiuto per la gestione* che consente di inserire automaticamente i casi di carico necessari per l'analisi nella *Tabella dei casi di carico*. È possibile accedere alla finestra *Aiuto per la gestione* con il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico: aiuti...*

La finestra è suddivisa in due metà, a sinistra contiene i comandi per aggiungere i casi di carico alla tabella, mentre a destra contiene quelli per rimuoverli.

Casi di carico - Aiuto per la gestione	×
AGGIUNGI	RIMUOVI
Azioni tipiche sugli edifici: Ggk + Gsk + Qsk + Qnk + Ek	Tutti
Pesi propri con carichi solai e coperture: Ggk + Gsk + Qsk + Qnk	Pesi propri con carichi solai e coperture: Ggk + Gsk + Qsk + Qnk
Azioni simiche: Ek	Azioni simiche: Ek
Incremento di spinta del terreno dovuto al sisma: Etk	Incremento di spinta del terreno dovuto al sisma: Etk
Variazione termica: Qtk	Variazione termica: Qtk
Vento: Qvk	Vento: Qvk
Azioni permanenti generiche: Gk	Azioni permanenti generiche: Gk
Azioni variabili generiche: Qk	Azioni variabili generiche: Qk
Azioni indotte da coazioni, cedimenti e precompressioni: Pk	Azioni indotte da coazioni, cedimenti e precompressioni: Pk

I comandi contenuti sono i seguenti:

• Azioni tipiche sugli edifici/Tutti Consentono rispettivamente di aggiungere le azioni più frequentemente presenti nelle analisi delle strutture (peso proprio degli elementi strutturali, carichi dei solai, accidentale solai, neve e sisma) e di rimuovere tutti i casi di carico presenti nella Tabella dei casi di carico;

- Pesi proprio con carichi solai e coperture Consente di aggiungere/rimuovere i carichi statici più frequentemente presenti nelle analisi delle strutture (peso proprio degli elementi strutturali, carichi dei solai, accidentale solai, neve e sisma);
- **Azioni sismiche** Consente di aggiungere/rimuovere l'azione sismica. Cliccando sul comando aggiungi verrà richiesto se si vuole usare l'analisi dinamica. Rispondendo si il programma inserirà i casi di carico Edk per eseguire l'analisi dinamica lineare; viceversa, rispondendo no, il programma inserirà i casi di carico Esk per eseguire l'analisi statica lineare. Automaticamente vengono definiti i casi di carico per il sisma in SLV e quelli per il sisma in SLD;
- Incremento di spinta del terreno dovuto al sisma Consente di aggiungere/rimuovere i casi di carico Etk riservati alla spinta del terreno in condizioni sismiche. Il numero di casi di carico inseriti dipende dal numero di casi di carico sismici definiti;
- **Variazione termica** Consente di aggiungere/rimuovere un caso di carico termico agente su tutti gli elementi strutturali;
- **Vento** Consente di aggiungere/rimuovere i casi di carico del vento. Automaticamente vengono definiti quattro casi di carico da vento: +X, -X, +Y e –Y ;
- **Azioni permanenti generiche** Consente di aggiungere/rimuovere i casi di carico permanenti generici. L'utente può specificare se si tratta di permanenti compiutamente definiti o non compiutamente definiti;
- Azioni variabili generiche Consente di aggiungere/rimuovere i casi di carico variabili generici
- **Azioni indotte da coazioni, cedimenti e precompressione** Consente di aggiungere/rimuovere un caso di carico di tipo Pk.

Casi di carico automatici

I casi di carico automatici non richiedono l'inserimento di dati da parte dell'utente; per queste tipologie, una volta definito il caso di carico, è il programma a definire ed applicare i carichi. Si tratta dei casi di carico:

- 1. Gyk Caso di carico comprensivo del peso proprio della struttura
- 4. Gsk Caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai, coperture e pannelli
- 5. Qsk Caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
- 6. *Qnk* Caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture

Per sfruttare gli automatismi è necessario che nel contesto di *Introduzione dati* siano stati definiti i seguenti archivi e che le proprietà in essi contenute siano state assegnate agli elementi strutturali:

- Archivio delle sezioni
- Archivio dei materiali
- Archivio carichi Solai e Coperture

Le informazioni contenute nei primi due archivi sono necessarie per calcolare i carichi contenuti nel caso di carico $G\gamma k$.

L'archivio dei *Carichi solai e coperture* è necessario per definire i carichi agenti nei casi di carico *Gsk*, *Qsk* e *Qnk*. Sebbene sia consigliabile definirlo nel contesto di *Introduzione dati*, questo archivio può essere definito anche nel contesto di *Assegnazione dei carichi* richiamandolo con il comando *Dati di carico* > *Carichi solai e coperture* che attiva la *Tabella dei carichi automatici*.

L'impiego dei carichi automatici permette di introdurre automaticamente nel modello della struttura i carichi riguardanti gli elementi solaio.

Tabella dei carichi automatici X		
- Carico automatico corrente	;	
Qsol = 750.00 residenzial	e	
Copia	olla 1 •	
Applica Ann	ulla Elimina	



È possibile specificare una sola tipologia di carico variabile per ogni solaio. Nel caso del solaio di copertura il carico accidentale è obbligatoriamente la neve.

Per ulteriori approfondimenti sulla definizione dei carichi automatici su solai e coperture si veda il capitolo 3 *Introduzione dati: gestione degli archivi.*

Casi di carico non automatici

I casi di carico non automatici richiedono che sia l'utente a definire il carico agente nel caso di carico tramite la definizione e l'applicazione agli elementi strutturali di carichi generici (vedi paragrafo Definizione dei carichi generici di questo capitolo della presente guida). I casi di carico non automatici sono i seguenti:

- 2. *Gk* Caso di carico con azioni permanenti
- 3. Qk Caso di carico con azioni variabili
- 8. Qvk Caso di carico comprensivo di azioni da vento
- 11. Etk Caso di carico comprensivo di spinte del terreno in condizioni sismiche
- 12. Pk Caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni



La sola definizione dei casi di carico di tipo non automatico non applica direttamente nessun carico al modello della struttura.

Casi di carico semi-automatici

I casi di carico semi-automatici richiedono solamente un limitato intervento da parte dell'utente per applicare i carichi alla struttura. I casi di carico semi-automatici sono:

- 7. Qtk Caso di carico comprensivo di una variazione termica
- 9. *Esk* Caso di carico sismico con analisi statica (lineare o non lineare)
- 10. Edk Caso di carico sismico con analisi dinamica

Il caso di carico **Qtk** applica una variazione termica su tutti gli elementi strutturali presenti nel modello. L'unica informazione che l'utente deve fornire è il valore della variazione termica da inserire nella finestra che appare automaticamente quando si inserisce nella *Tabella dei casi di carico* il caso di carico **Qtk**.

Definizione carico termico 🛛 🗙						
Variazione termica	20 ·					
ОК	Annulla					

Il caso di carico *Esk* è il caso di carico riservato al sisma statico, sia lineare che non lineare. La definizione di questo carico richiede la direzione del sisma, l'eventuale eccentricità accidentale del baricentro delle masse, lo stato limite a cui fare riferimento e l'indicazione se l'analisi è lineare o non lineare, ed in quest'ultimo caso anche la scelta della distribuzione delle forze. Tutte queste informazioni si possono inserire nella finestra che appare automaticamente dopo l'introduzione del caso di carico (vedi paragrafi seguenti).

Il caso di carico *Edk* è il caso di carico riservato al sisma dinamico. La definizione di questo carico richiede la direzione del sisma, l'eventuale eccentricità accidentale del baricentro delle masse e lo stato limite a cui fare riferimento.

Per entrambe le tipologie di casi di carico sismici è necessario eseguire una procedura guidata articolata in cinque passi, attivabile con il comando **Dati di carico ► Casi di carico: sismica**. In base ai dati inseriti dall'utente in questa procedura il programma può determinare ed applicare automaticamente alla struttura l'azione sismica.



Il numero massimo di casi di carico sismici definibili è pari a 30.

N.B. Nel caso di edifici costituiti da un unico corpo di fondazione e più strutture in elevazione giuntate si suggerisce di effettuare l'analisi dinamica modale e, nel caso sia necessario applicare eccentricità dei baricentri delle masse, sfalsare le quote dei solai delle strutture di elevazione di una quantità minima (per esempio 1 o 2 cm).

Analisi sismica secondo D.M. 17 gennaio 2018

La normativa da utilizzare per la definizione dell'azione sismica va indicata nella finestra *Normative in uso* a cui si accede con i comandi *Preferenze* ► *Normative* ► *D.M.* 2018

Selezionando D.M. 2018 nella cornice Sismica si attivano gli automatismi previsti per questa norma.

Casi di carico sismici per le analisi lineari

I casi di carico sismici possono essere definiti manualmente dall'utente oppure li può definire automaticamente il programma usando i comandi descritti nei paragrafi precedenti.

Nel caso sia stato indicato al programma di definire automaticamente i casi di carico sismici vengono considerati i seguenti casi di carico (sia per l'analisi statica lineare che per quella dinamica lineare):

- SLU con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva e negativa
- SLU con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva e negativa
- SLD con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva e negativa
- SLD con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva e negativa

Nel caso fosse necessario considerare altri casi di carico sismici, questi devono essere introdotti manualmente dall'utente. In conformità al D.M. 2018, essendo necessario considerare l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse, occorre definire quattro casi di carico sismici per ogni stato limite da considerare nell'analisi e nel progetto della struttura.

Nel caso si scelga di eseguire un'analisi dinamica lineare il programma è predisposto per individuare automaticamente la modalità di combinazione modale SRSS o CQC come indicato dalla normativa. È comunque possibile specificare di usare regole diverse di combinazione, a tale proposito si veda il paragrafo *Selezione del solutore* del presente capitolo della guida.

Le informazioni richieste per definire un caso di carico sismico lineare (sia per l'analisi statica che per l'analisi dinamica) sono le seguenti:



- Angolo di ingresso Definisce l'angolo di ingresso del sisma rispetto alla direzione dell'asse X del sistema di riferimento globale. Angolo di ingresso = 0 definisce un sisma parallelo all'asse X, Angolo di ingresso = 90 definisce un sisma parallelo all'asse Y
- Componente verticale Consente di specificare che il caso di carico viene utilizzato per considerare la componente verticale del sisma (per la componente verticale non sono attivi i comandi per l'eccentricità accidentale)
- *Tipo di azione* Questa cornice consente di definire la tipologia di sisma che in accordo al §3.2.1 del D.M. 2018 può essere di tipo:
 - SLE (SLO) Stato Limite di Operatività
 - SLE (SLD) Stato Limite di Danno
 - SLU (SLV) Stato Limite di salvaguardia della Vita
 - SLU (SLC) Stato limite di Collasso
- *Eccentricità accidentale* Consente di definire la modalità di inserimento dell'eccentricità addizionale percentuale in direzione perpendicolare all'azione sismica. Per la scelta delle varie opzioni si veda il paragrafo *Definizione dell'eccentricità accidentale*
- *Metodo di analisi* (cornice presente solo nei casi di carico tipo *Esk*) Consente di specificare se eseguire un'analisi statica lineare o non lineare, ed in questo secondo caso consente di specificare la distribuzione delle forze da adottare. Per l'analisi statica lineare è necessario selezionare l'opzione *Lineare*, per le analisi non lineari si veda il paragrafo *Casi di carico per le analisi non lineari.*

Definizione dell'eccentricità accidentale

Per definire l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse prevista sono disponibili le seguenti opzioni:

- Rapida Viene assegnato il verso della traslazione che realizza il massimo allontanamento del baricentro delle masse dal baricentro delle rigidezze. Tale opzione è da utilizzare solo in fase di dimensionamento di massima perché dimezza il numero di casi di carico sismici da considerare velocizzando le analisi, ma non è conforme alle richieste del D.M. 2018.
- Positiva/Negativa Sposta il baricentro delle masse in direzione perpendicolare alla direzione assegnata al sisma (segno positivo o negativo della coppia torcente generata, rispetto all'asse di riferimento globale); per esempio un sisma con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva avrà una traslazione del baricentro delle masse in direzione y negativa, in modo che la coppia torcente indotta dalla traslazione del baricentro delle masse abbia verso positivo. Opzione consigliata
- Non presente Genera una distribuzione di forze sismiche (per i casi di carico statici) o masse sismiche (per i casi di carico dinamici) priva di eccentricità aggiuntiva del baricentro delle masse. A questo caso di carico andrà sovrapposto, in combinazione, il caso di carico che riporta l'eccentricità statica convenzionale.
- Statica convenzionale Genera una distribuzione di momenti torcenti (o di forze concentrate nei nodi) equivalente alla coppia torcente indotta dalla traslazione del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione iniziale. Per l'utilizzo di questo tipo di eccentricità (sia nel caso di sisma statico che dinamico) dovranno essere definiti tanti sismi statici convenzionali quanti sono gli angoli di ingresso definiti. Questa opzione è disponibile solo per i casi di carico Esk sisma statico.

Se si utilizza un caso di carico *Edk sisma dinamico* viene realizzata una ridistribuzione delle masse tale da spostare il baricentro nella posizione richiesta; ad ogni massa *m* viene aggiunta una quantità Δm :

$$K = \frac{e \cdot M}{\sum x_i^2 m_i} \quad \Rightarrow \quad \Delta m_i = m_i \cdot K \cdot x_i$$

dove:

- e valore dell'eccentricità
- *M* massa totale del piano
- *x_i* distanza della massa i-esima dal baricentro delle masse
- *m*_i valore della massa i-esima
- Δm_i incremento di massa

Se si utilizza un caso di carico *Esk sisma statico* viene realizzata una ridistribuzione delle forze in modo tale da spostare il baricentro nella posizione richiesta; ad ogni forza *f* viene aggiunta una quantità Δf :

$$K = \frac{e \cdot F}{\sum x_i^2 f_i} \quad \Rightarrow \quad \Delta f_i = f_i \cdot K \cdot x_i$$

dove:

- e valore dell'eccentricità
- *F* massa totale del piano
- x_i distanza della massa i-esima dal baricentro delle masse
- fi valore della massa i-esima
- Δf_i incremento di massa

Casi di carico sismici per le analisi non lineari

Le informazioni richieste per definire un caso di carico sismico non lineare sono le seguenti:

- Componente verticale (nel caso di analisi non lineari la componente verticale non è attiva)
- Metodo di analisi (cornice presente solo nei casi di carico tipo Esk) Consente di specificare se eseguire un'analisi statica lineare o non lineare, ed in questo secondo caso consente di specificare la distribuzione delle forze da adottare. Per l'analisi statica non lineare è possibile scegliere tra le seguenti distribuzioni:
 - Non lineare (proporzionale alle masse) Consente di definire una distribuzione di forze proporzionali alle masse
 - Non lineare (proporzionale alla forma modale) Consente di definire una distribuzione di forze proporzionale alla forma modale che ha il maggior coefficiente di partecipazione nella direzione in cui agisce il sisma. Necessita di un'analisi modale per determinare i modi di vibrare della struttura (se si seleziona questa opzione il programma la esegue in automatico prima delle analisi non lineari)
 - Non lineare (distribuzione di forze come per statica lineare) Realizza una distribuzione di forze triangolare analoga a quella definita per un'analisi statica lineare. Per questa distribuzione non è necessario eseguire un'analisi modale.

Angolo di ingresso 0 📩	Componente verticale
Tipo di azione: SLE (SLO) Stato limite operativo C SLE (SLD) Stato limite di danno C SLU (SLV) Stato limite ultimo C SLU (SLC) Stato limite di collasso C	Eccentricità accidentale: Rapida C Positiva C Negativa C Non presente C Statica convenzionale C
Metodo di analisi C Lineare C Non lineare (distribuzione di forze p C Non lineare (distribuzione di forze fi C Non lineare (distribuzione di forze c	roporzionale alle masse) unzione della forma modale) :ome per statica lineare)

Nel caso si voglia eseguire un'analisi statica non lineare è necessario definire manualmente i casi di carico sismici scegliendo due diverse distribuzioni delle forze come previsto dal §7.3.4.2 del D.M.2018, di conseguenza per eseguire un'analisi statica non lineare occorrono otto casi di carico sismici per ogni stato limite da considerare. Per esempio, per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita occorrono:

- SLU non lineare distribuzione 1 con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva
- SLU non lineare distribuzione 1 con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità negativa
- SLU non lineare distribuzione 1 con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva
- SLU non lineare distribuzione 1 con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità negativa
- SLU non lineare distribuzione 2 con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva
- SLU non lineare distribuzione 2 con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità negativa
- SLU non lineare distribuzione 2 con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva
- SLU non lineare distribuzione 2 con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità negativa

Definizione dello spettro di risposta

È possibile definire lo spettro di risposta tramite la procedura guidata in cinque passi che si attiva con il comando **Dati di carico > Casi di carico: sismica**.

Passo 1

Classe d'uso C edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli]	Pericolosità e zonazione pericolosità sismica	S (oriz.)
(II edifici ordinari	agS per SLV: 0.197	
C edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri)	Modalità di progettazione semplificata per agS<0.075 🗖	
C IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali. municipi)	Strutture esistenti	
	 C LC1: conoscenza limitata C LC2: conoscenza adeguata 	Sv (vert.)
Osservazioni:	C LC3: conoscenza accurata	
	Fattore di confidenza FC: 1.35	

- Classe d'uso Si veda §2.4.3 del D.M. 2018
- *Modalità di progettazione semplificata agS<0.075* Attiva la modalità di progettazione semplificata prevista dal D.M. 2018 al punto §7.0
- *Pericolosità sismica* Consente di accedere alla finestra *Valutazione della pericolosità sismica* per la definizione della località dell'intervento e dei parametri di pericolosità sismica.
- Strutture esistenti Se nella finestra Normative in uso è stata selezionata l'opzione Verifiche sismiche per edificio esistente, questa cornice permette di specificare livello di conoscenza e fattore di confidenza

Valutazione della pericolosità sismica

La finestra Valutazione della pericolosità sismica consente di definire la località dell'intervento e di determinare le caratteristiche dell'azione sismica. Il D.M. 2018 non considera più le zone sismiche per la determinazione dell'azione sismica, ma definisce una maglia elementare tramite una serie di punti notevoli sul territorio nazionale dotati di valori caratteristici dei coefficienti ag, F0 e Tc*. L'azione sismica per la località di interesse è determinata, **indipendentemente dalla ex zona sismica**, andando a collegarsi ai quattro punti della maglia più vicini e mediando i valori a seconda della distanza della località.



- Vertici della maglia elementare Questa cornice riporta le informazioni sui nodi del reticolo di riferimento più vicini alla località interessata dall'intervento. *ID nodo, Longitudine e latitudine* sono individuati nella tabella dei parametri spettrali dell'allegato B del precedente D.M. 14 gennaio 2008; *Distanza [km]* rappresenta la distanza in km tra i singoli nodi del reticolo e la località individuata nella cornice *Coordinate geografiche*.
- *Coordinate geografiche* Consente di assegnare la località; è possibile eseguire una ricerca per nome del comune oppure inserire direttamente le coordinate geografiche del sito di interesse
- Parametri per le forme spettrali Contiene i valori di ag, F₀, T_c* per i periodi di ritorno Tr indicati. I valori dei periodi di ritorno Tr sono calcolati con la formula dell'allegato A del precedente D.M. 14 gennaio 2008 sulla base del periodo di riferimento Vr e della probabilità di superamento Pver espressa in percentuale. Nella tabella 3.2.1 è possibile reperire le definizioni degli stati limite in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento (Vr)
- *Periodo di riferimento per l'azione sismica* Contiene il valore della vita nominale *Vn* (proposta sulla base della classe d'uso assegnata al passo 1 della definizione della massa sismica) e del coefficiente d'uso *Cu* (si veda §2.4.1 e §2.4.3 del D.M. 2018)
- Livello di sicurezza per esistenti % Consente di progettare una struttura esistente assegnando un'azione sismica ridotta. Per esempio assegnando 60%, PRO_SAP riduce tutte le azioni sismiche (SLO, SLD, SLV e SLC) in maniera che ag [g]*S sia il 60% dell'ag*S previsto per una struttura nuova. Il comando Calcola determina i parametri per le forme spettrali per il valore del periodo di ritorno Vr=Vn·Cu

Passo 2

Passo 2		×
Categoria di suolo di fondazione C A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti Depositi di terreni a grana grossa mediamente consistenti Depositi di terreni a grana fina mediamente consistenti Depositi di terreni a grana fina scarsamente consistenti Terreni con caratteristiche e valori di velocità e equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D Indietro Avanti 1	Categoria topografica Categoria topografica T1 T2 in sommità al pendio T3 in cresta al nilevo con moderata T4 in cresta al nilevo 100 quota relativa (%) Risposta sismica locale Usa RSL Cerca file RSL	S (oriz.)

- Categoria suolo di fondazione Si veda tabella 3.2.II del D.M.2018
- Categoria topografica Si veda tabella 3.2.III del D.M.2018
- Usa RSL Consente di importare uno spettro di progetto da file anziché utilizzare quello previsto da normativa. Si veda il successivo paragrafo *Risposta sismica locale*

Passo 3

Passo 3									×
Parame S.L. SLO SLD SLV SLV SLC Verticale	tri e fattori ag 0.037 0.046 0.132 0.178 per tutti:	spettrali S 1.500 1.494 1.427 1.000	Fo 2.550 2.510 2.600 2.560	Fv 0.659 0.725 1.276 1.457	TB 0.138 0.149 0.146 0.149 0.149	TC 0.415 0.447 0.437 0.447 0.150	TD 1.746 1.783 2.129 2.311 1.000	Duttilità C ND - non dissipativa G B - media C A - alta Regolarità F in pianta F in altezza	S (oriz.)
eta SLO 1.0 Smorza	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x 3.9 1.0	q SLU y 3.9 1.0 Avanti	q SLU z 1.5 1.0 >	Aiuto Esistenti v. fragili Annulla	Edificit isolati 2.0 T is 10.0 s esi Info	

- *ag* Accelerazione orizzontale massima (ricavata in automatico dal programma)
- *S, Fo, Fv, TB, TC, TD* Si veda §3.2 del D.M. 2018 (ricavati in automatico dal programma)
- eta SLO Si veda §3.2.3.4 del D.M. 2018
- *q SLD x, q SLD y, q SLD z* Consente di assegnare il valore del fattore di struttura per lo stato limite di danno nelle tre direzioni (si veda §3.2.3.5 del D.M. 2018)
- *q SLU x, q SLU y, q* SLU z Consente di assegnare il valore del fattore di struttura per lo stato limite di salvaguardia della vita nelle tre direzioni (si veda §3.2.3.5 del D.M. 2018): È possibile avvalersi del comando Aiuto... per far calcolare al programma il fattore di struttura da utilizzare.

Il comando Esistenti v. fragili consente di assegnare il fattore di struttura q da utilizzare per le verifiche fragili negli edifici esistenti. (Riservato alle prossime versioni)

- Smorzamento... Consente di assegnare i valori di smorzamento modali e del suolo. I valori sono espressi in percentuale (valore tipico 5%)
- Duttilità Per gli edifici nuovi è possibile specificare la classe di duttilità per la quale effettuare la progettazione: campo non dissipativo (ND – non dissipativa), bassa duttilità (CD"B") oppure in alta duttilità (CD"A").

Valori di smorzamento modale %								
Valori utilizzati per combinazione modale CQC [7.3.5b]								
SLO	5.0	tutti						
SLD	dir. x-x	dir. y-y dir. z-z 5.0 5.0						
SLV	5.0	tutti						
SLC	5.0	tutti						
Valore utilizzato per finestra Analisi modali - info								
Terreno	5.0							
[ОК	Annulla						
- Regolarità Consente di indicare se la struttura è regolare in pianta e/o in altezza (Si veda §3.2.3.5 del D.M. 2018). Questi valori hanno effetto nel calcolo automatico del fattore di struttura attraverso il comando *Aiuto…*
- *Edifici isolati* In questa cornice è possibile assegnare il periodo e lo smorzamento del sistema di isolamento
- Info... Consente di controllare le accelerazioni spettrali in corrispondenza dei periodi notevoli

Passo 4		×
Dati comuni per le analisi Quota spiccato [cm] 0.0 Contributo carichi in fondazione Image: Contributo carichi aggiuntiva X: Eccentricità aggiuntiva X: 5 Spost. relativo muratura altri limite 1000/h 3 Dati per analisi dinamica N. N. 6 N. modi modi Fattore per calcolo rigidezza secante 1	Dati per analisi statica lineare e non lineare Altezza edificio 600.0 [cm] Calcola periodi T1 Fatt. Lambda 1.0 [0.85-1] dir. x-x Periodo T1 dir. y-y [primo modo] 0.288 Sd (T1) - SLU 0.132 0.172 0.017 opzione suggerita: Accelerazione uniforme [Fi=Fh] NO Eccentricità convenzionale con momenti Mz NO Usa spostamenti medi di piano per pushover SI Distrib. triangolare per pushover SI	S (oriz.)

Dati comuni per le analisi

La cornice Dati comuni per le analisi è da compilare per qualsiasi tipo di analisi:

- Quota spiccato Definisce la quota al di sotto della quale sono trascurati i carichi applicati alle strutture ai fini della determinazione delle masse sismiche. È utile se il progettista intende considerare l'ipotesi che le parti di struttura interrate si muovano unitamente al terreno e quindi non generano masse sismiche orizzontali. Sono esclusi dal calcolo delle masse sismiche anche i carichi applicati alla quota definita. La quota spiccato va assegnata in cm a partire dal sistema di riferimento globale.
- Contributo carichi in fondazione Di norma gli elementi con assegnata la proprietà di fondazione ed i carichi ad essi applicati non contribuiscono al computo delle masse sismiche. Questa opzione permette di forzare il programma a considerare anche la massa ed i carichi applicati a questi elementi nel computo delle masse sismiche. Può essere utile per esempio nelle analisi delle masse applicate da macchine vibranti in fondazione
- Eccentricità aggiuntiva Assegna il valore dell'eccentricità accidentale in direzione perpendicolare all'azione sismica definita in fase di introduzione dei casi di carico sismici. Per i valori da assegnare fare riferimento al §7.2.3 (se la distribuzione degli elementi non strutturali è fortemente irregolare in pianta assegnare il 10% di eccentricità) e §7.2.6 del D.M. 2018
- Spost. relativo limite 1000/h Permette di assegnare il valore limite dello spostamento di interpiano per edifici in muratura e in cemento armato. Questo valore serve ad individuare automaticamente gli elementi rotti durante un'analisi pushover.

Dati per analisi dinamica

La cornice *Dati per analisi dinamica* è da compilare nel caso siano stati inseriti dei casi di carico sismici Edk e si voglia dunque eseguire un'analisi dinamica lineare:

- *N. modi* Numero di modi di vibrare da considerare per l'analisi modale
- *N. modi rigidi* Numero di forme modali corrispondenti a spostamenti che avvengono in assenza di deformazione della struttura (presenti nel caso in cui la struttura non sia staticamente determinata)
- *Fattore per calcolo rigidezza secante* Attivo per travi in c.a., permette di tenere conto degli effetti della fessurazione nella valutazione della rigidezza degli elementi, considerando la rigidezza secante a snervamento (si veda §7.2.6 del D.M. 2018)

Dati per analisi statica lineare e non lineare

La cornice *Dati per analisi statica lineare e non lineare* è da compilare nel caso siano stati inseriti dei casi di carico sismici Esk e si voglia dunque eseguire un'analisi statica lineare o non lineare:

- Dati per l'analisi statica (Si veda §7.3.3.2 D.M. 2018):
 - *Altezza edificio* Necessario per il calcolo dello spostamento laterale elastico. Lo spostamento d entra in gioco nel calcolo del periodo T1 (si veda §7.3.3.2 del D.M. 2018)
 - Calcola periodi T1 Consente di calcolare automaticamente il periodo T1 come da formula 7.3.6

- Fattore lambda (0.85-1) Si veda §7.3.3.2 del D.M. 2018
- *Periodo T1 (primo modo)* Valori dei periodi T1 nelle tre direzioni principali (possono essere definiti manualmente o calcolati automaticamente attraverso il comando *Calcola periodi T1*)
- *Sd(T1)-SLU* Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), componente orizzontale (grafico blu)
- Se(T1)-SLD Valore delle ordinate dello spettro per lo stato limite di danno (SLD), componente orizzontale (grafico rosso)
- Accelerazione uniforme Permette di assegnare valore unitario al coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche
- *Eccentricità convenzionale con momenti Mz* Attivo solo per casi di carico sismici con *Eccentricità Statica convenzionale*; consente di generare la coppia torcente indotta dalla traslazione del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione iniziale, mediante momenti Mz applicati ai nodi. La funzione non è utilizzabile nel caso siano presenti elementi tipo asta.
- Usa spostamenti medi di piano per pushover Nelle analisi di pushover viene considerata la media degli spostamenti dei nodi alla quota del nodo di controllo anziché lo spostamento del punto di controllo per la realizzazione della curva di capacità

In questa tabella è possibile inserire i coefficienti moltiplicatori dei casi di carico per il calcolo delle masse sismiche. È possibile usare il comando *Definizione masse automatica* per far compilare la tabella al programma. La tabella contiene i seguenti dati:

- nelle righe i casi di carico non sismici definiti dall'utente nella Tabella dei casi di carico
- nella prima colonna i casi di carico sismici definiti dall'utente nella Tabella dei casi di carico
- nelle restanti *colonne* i coefficienti moltiplicativi dei casi di carico per la determinazione delle masse sismiche

Vengono automaticamente esclusi dal computo delle masse sismiche i casi di carico Qvk, Qtk ed Etk. La definizione automatica è eseguita assegnando:

- casi di carico permanenti: valore 1
- *casi di carico Qsk e Qnk*: valore 1 (il programma andrà automaticamente a leggere i coefficienti *psi2* inseriti dall'utente nell'archivio dei carichi solai e coperture.

D.C. semi	co	[13] C	DC+Ed Idinar	NOO SLDI alfa	-90.00 (80.0)	Nod	a cont, 💿	0	i Sinozi
DC.		1.1CD	C-Ggk (peso	proprio della	strutture)	- Di			H
rials not	1	(chies	ta solo per pu	ahover		Stople Mod	la rifer, 🗐	0	1-1
Sana	LC	1	LC Z	103	LC 4 [1	LESE	1	n	
LC U 5 LC U 7 LC U 9 LC U 9 LC D 10 LC D 11	10 10 10 10 10 10	000000	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00			Sv (vert.)
KOTA (Tie ede Gik (ut ede Gik/Gi	eeffe Baaa NK 1	cienti p la pai utilgza	ser carichi via 2 re di regola 1	uabeliQ (psiZdaardh	Ivio calloo)	(**) Oper delas Definizione r	it in pushove sasse autom	8668	2



Per i casi di carico tipo *Qk* variabile generico non è possibile la definizione automatica. L'utente deve inserire manualmente i valori di *psi2* previsti dalla tabella 2.5.I del D.M.2018. Se l'utente non definisce i coefficienti *psi2* manualmente il programma, a favore di sicurezza, considera il valore più gravoso previsto dalla tabella 2.5.I ovvero 0.8

Al passo 5 dei casi di carico sismici è anche possibile specificare per ogni caso di carico sismico quale nodo della struttura considerare come punto di controllo per l'analisi pushover.

Inoltre è possibile importare l'analisi modale di riferimento per le analisi di pushover da un file esterno. Di norma il programma esegue automaticamente l'analisi modale prima di eseguire le analisi non lineari e stabilisce quale sia il modo di vibrare di interesse in base al coefficiente di partecipazione nella direzione in cui agisce il sisma. Tuttavia, per modelli molto pesanti con un elevato numero di nodi, può essere utile eseguire un'analisi modale a parte e richiamare i risultati con i comandi previsti al passo V indicando il file con estensione .do contenente da cui attingere le analisi modali. Il file .do è presente nella cartella data del modello nel quale è stata eseguita l'analisi modale. Per ogni caso di carico sismico previsto nella *Tabella dei casi di carico* è necessario indicare manualmente il numero del modo di vibrare da considerare.

Il comando Stampa spettri genera 12 file di testo contenenti i dati dello spettro di progetto che verrà usato

nelle analisi sismiche. Il nome del file di testo è assegnato secondo la seguente logica:

- Nome della località
- Direzione dell'azione sismica
- Stato limite

Ad esempio, se la località è Ferrara i file avranno i nomi seguenti: *Ferrara_o_x.txt, Ferrara_o_y.txt, Ferrara_o_z.txt*, *Ferrara_d_x.txt, Ferrara_d_y.txt, Ferrara_d_z.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_c_x.txt, Ferrara_c_y.txt, Fe*

Ciascun file di testo ha 2 colonne, nella prima colonna è riportato il periodo T in secondi; nella seconda colonna il moltiplicatore dell'accelerazione di gravità ag (da moltiplicare per g, che vale 981 cm/s^2).



Attenzione: i carichi di pressione, sia uniforme che variabile, NON CONTRIBUISCONO IN NESSUN CASO ALLA GENERAZIONE DELLE MASSE SISMICHE. Se si vuole modellare un carico che faccia massa sismica è necessario utilizzare il carico variabile generale con opzione "uso per carico di superficie" od "uso per carico in proiezione"

Risposta sismica locale

Nel caso fosse necessario considerare una risposta sismica locale è possibile usare i comandi presenti al Passo 2 per importarla. Il comando *Risposta sismica locale* indica che si intende usare la RSL; il comando *File RSL...* consente di cercare il file di testo contenente i dati dello spettro.

I file di testo, realizzabili con qualunque editor di testo come per esempio il *Blocco note* di *Windows*, dovranno avere due colonne:

- la prima colonna deve contenere il periodo T in secondi
- la seconda colonna deve contenere il moltiplicatore dell'accelerazione di gravità ag (il programma lo moltiplicherà automaticamente per g, che vale 981 cm/s²)

I file devono essere composti al massimo di 83 righe.

Con il comando *File RSL...* è sufficiente indicare un solo spettro, il programma leggerà automaticamente tutti gli altri presenti nella cartella. Non è obbligatorio definire tutti i 12 file degli spettri, è sufficiente definire quelli necessari per i casi di carico sismici definiti e per gli stati limite da considerare.

Il nome del file di testo deve seguire questa logica:

- Nome dello spettro (senza spazi o caratteri speciali)
- Direzione dell'azione sismica (indicata con le lettere X, Y e Z)
- Stato limite (indicata con le lettere O, D, V e C)

l nomi dei file possono essere per esempio: *Ferrara_o_x.txt, Ferrara_o_y.txt, Ferrara_o_z.txt Ferrara_d_x.txt, Ferrara_d_y.txt, Ferrara_d_z.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_v_z.txt, Ferrara_c_x.txt, Ferrara_c_y.txt. Ferrara_c_z.txt. Ferrara_c_z.txt, Ferrara_c_z.t*

Nel caso mancassero alcuni spettri il programma sostituisce gli spettri mancanti della risposta sismica locale con quelli previsti da normativa.

È possibile recuperare un esempio di formattazione dei file usando il comando Stampa spettri al passo 5.



Attenzione: nel caso si importi una risposta sismica locale non vengono applicati lo smorzamento ed il fattore di struttura specificati al passo 3 dei casi di carico sismici. Se è necessario considerare questi parametri nell'analisi bisogna importare una risposta sismica locale che già ne tenga conto.

Risposta Si	smica Loca	le		×
− Input file s Nome file Esempio: I	spettro tipo RSL_Arpino	_V_X, fileRo	ma_D_Z	Sfoglia
File spettr SLO SLD	o individuati Dir. X	Dir. Y	Dir. Z	NOTA: indicare uno dei 12 file spettro. I restanti saranno individuati automaticamente. In sostituzione dei file mancanti, se richiesto, si adotterà lo spettro di normativa. I parametri eta e q non modificano i valori dei file spettro
SLV SLC				ma solo lo spettro di normativa.

Analisi sismica secondo D.M. 14 Gennaio 2008

La normativa da utilizzare per la definizione dell'azione sismica va indicata nella finestra *Normative in uso* a cui si accede con i comandi *Preferenze* ► *Normative*.

Selezionando D.M. 2008 nella cornice *Sismica* si attivano gli automatismi previsti per questa norma.

Casi di carico sismici per le analisi lineari

I casi di carico sismici possono essere definiti manualmente dall'utente oppure li può definire automaticamente il programma usando i comandi descritti nei paragrafi precedenti.

Nel caso sia stato indicato al programma di definire automaticamente i casi di carico sismici vengono considerati i seguenti casi di carico (sia per l'analisi statica lineare che per quella dinamica lineare):

- SLU con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva e negativa
- SLU con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva e negativa
- SLD con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva e negativa
- SLD con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva e negativa

Nel caso fosse necessario considerare altri casi di carico sismici, questi devono essere introdotti manualmente dall'utente. In conformità al D.M. 2008, essendo necessario considerare l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse, occorre definire quattro casi di carico sismici per ogni stato limite da considerare nell'analisi e nel progetto della struttura.

Nel caso si scelga di eseguire un'analisi dinamica lineare il programma è predisposto per individuare automaticamente la modalità di combinazione modale SRSS o CQC come indicato dalla normativa. È comunque possibile specificare di usare regole diverse di combinazione, a tale proposito si veda il paragrafo *Selezione del solutore* del presente capitolo della guida.

Le informazioni richieste per definire un caso di carico sismico lineare (sia per l'analisi statica che per l'analisi dinamica) sono le seguenti:



- Angolo di ingresso Definisce l'angolo di ingresso del sisma rispetto alla direzione dell'asse X del sistema di riferimento globale. Angolo di ingresso = 0 definisce un sisma parallelo all'asse X, Angolo di ingresso = 90 definisce un sisma parallelo all'asse Y
- Componente verticale Consente di specificare che il caso di carico viene utilizzato per considerare la componente verticale del sisma (per la componente verticale non sono attivi i comandi per l'eccentricità accidentale)
- *Tipo di azione* Questa cornice consente di definire la tipologia di sisma che in accordo al §3.2.1 del D.M. 2008 può essere di tipo:
 - SLE (SLO) Stato Limite di Operatività
 - SLE (SLD) Stato Limite di Danno
 - SLU (SLV) Stato Limite di salvaguardia della Vita
 - SLU (SLC) Stato limite di Collasso
- *Eccentricità accidentale* Consente di definire la modalità di inserimento dell'eccentricità addizionale percentuale in direzione perpendicolare all'azione sismica. Per la scelta delle varie opzioni si veda il paragrafo *Definizione dell'eccentricità accidentale*
- Metodo di analisi (cornice presente solo nei casi di carico tipo Esk) Consente di specificare se eseguire un'analisi statica lineare o non lineare, ed in questo secondo caso consente di specificare la distribuzione delle forze da adottare. Per l'analisi statica lineare è necessario selezionare l'opzione Lineare, per le analisi non lineari si veda il paragrafo Casi di carico per le analisi non lineari.

Definizione dell'eccentricità accidentale

Per definire l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse prevista sono disponibili le seguenti opzioni:

• *Rapida* Viene assegnato il verso della traslazione che realizza il massimo allontanamento del baricentro delle masse dal baricentro delle rigidezze. Tale opzione è da utilizzare **solo in fase di**

dimensionamento di massima perché dimezza il numero di casi di carico sismici da considerare velocizzando le analisi, ma non è conforme alle richieste del D.M. 2008

- *Positiva/Negativa* Sposta il baricentro delle masse in direzione perpendicolare alla direzione assegnata al sisma (segno positivo o negativo della coppia torcente generata, rispetto all'asse di riferimento globale); per esempio un sisma con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva avrà una traslazione del baricentro delle masse in direzione y negativa, in modo che la coppia torcente indotta dalla traslazione del baricentro delle masse abbia verso positivo. *Opzione consigliata*
- Non presente Genera una distribuzione di forze sismiche (per i casi di carico statici) o masse sismiche (per i casi di carico dinamici) priva di eccentricità aggiuntiva del baricentro delle masse. A questo caso di carico andrà sovrapposto, in combinazione, il caso di carico che riporta l'eccentricità statica convenzionale.
- Statica convenzionale Genera una distribuzione di momenti torcenti (o di forze concentrate nei nodi) equivalente alla coppia torcente indotta dalla traslazione del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione iniziale. Per l'utilizzo di questo tipo di eccentricità (sia nel caso di sisma statico che dinamico) dovranno essere definiti tanti sismi statici convenzionali quanti sono gli angoli di ingresso definiti. Questa opzione è disponibile solo per i casi di carico Esk sisma statico.

Se si utilizza un caso di carico *Edk sisma dinamico* viene realizzata una ridistribuzione delle masse tale da spostare il baricentro nella posizione richiesta; ad ogni massa *m* viene aggiunta una quantità Δm :

$$K = \frac{e \cdot M}{\sum x_i^2 m_i} \quad \Rightarrow \quad \Delta m_i = m_i \cdot K \cdot x_i$$

dove:

- e valore dell'eccentricità
- *M* massa totale del piano
- *x_i* distanza della massa i-esima dal baricentro delle masse
- *m*_i valore della massa i-esima
- Δm_i incremento di massa

Se si utilizza un caso di carico *Esk sisma statico* viene realizzata una ridistribuzione delle forze in modo tale da spostare il baricentro nella posizione richiesta; ad ogni forza *f* viene aggiunta una quantità Δf :

$$K = \frac{e \cdot F}{\sum x_i^2 f_i} \quad \Rightarrow \quad \Delta f_i = f_i \cdot K \cdot x_i$$

dove:

- e valore dell'eccentricità
- F massa totale del piano
- *x*_i distanza della massa i-esima dal baricentro delle masse
- *f*_{*i*} valore della massa i-esima
- Δf_i incremento di massa

Casi di carico sismici per le analisi non lineari

Le informazioni richieste per definire un caso di carico sismico non lineare sono le seguenti:

- *Componente verticale* (nel caso di analisi non lineari la componente verticale non è attiva)
- Metodo di analisi (cornice presente solo nei casi di carico tipo Esk) Consente di specificare se eseguire un'analisi statica lineare o non lineare, ed in questo secondo caso consente di specificare la distribuzione delle forze da adottare. Per l'analisi statica non lineare è possibile scegliere tra le seguenti distribuzioni:
 - Non lineare (proporzionale alle masse) Consente di definire una distribuzione di forze proporzionali alle masse
 - Non lineare (proporzionale alla forma modale) Consente di definire una distribuzione di forze proporzionale alla forma modale che ha il maggior coefficiente di partecipazione nella direzione in cui agisce il sisma. Necessita di un'analisi modale per determinare i modi di vibrare della struttura (se si seleziona questa opzione il programma la esegue in automatico prima delle analisi non lineari)
 - Non lineare (distribuzione di forze come per statica lineare) Realizza una distribuzione di forze triangolare analoga a quella definita per un'analisi statica lineare. Per questa distribuzione non è necessario eseguire un'analisi modale.

Dati azione sismica (pt. 3.2)	×
Angolo di ingresso 0	Componente verticale Eccentricità accidentale: Rapida Positiva Negativa Non presente C
SLU (SLC) Stato limite di collasso C Metodo di analisi C Lineare Non lineare (distribuzione di forze pro Non lineare (distribuzione di forze fur Non lineare (distribuzione di forze co	Statica convenzionale C oporzionale alle masse) nzione della forma modale) me per statica lineare) OK Annulla

Nel caso si voglia eseguire un'analisi statica non lineare è necessario definire manualmente i casi di carico sismici scegliendo due diverse distribuzioni delle forze come previsto dal §7.3.4.1 del D.M.2008, di conseguenza per eseguire un'analisi statica non lineare occorrono otto casi di carico sismici per ogni stato limite da considerare. Per esempio, per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita occorrono:

- SLU non lineare distribuzione 1 con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva
- SLU non lineare distribuzione 1 con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità negativa
- SLU non lineare distribuzione 1 con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva
- SLU non lineare distribuzione 1 con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità negativa
- SLU non lineare distribuzione 2 con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva
- SLU non lineare distribuzione 2 con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità negativa
- SLU non lineare distribuzione 2 con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva
- SLU non lineare distribuzione 2 con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità negativa

Definizione dello spettro di risposta

È possibile definire lo spettro di risposta tramite la procedura guidata in cinque passi che si attiva con il comando **Dati di carico > Casi di carico: sismica**.

Passo 1

Classe d'uso) edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici anticoli]	Pericolosità e zonazione pericolosità sismica	S (oriz.)
II edifici ordinari	agS per SLV: 0.236	
 III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri) 	Modalità di progettazione semplificata per zona 4	
V edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali. municipi)	Strutture esistenti © LC1: conoscenza limitata © LC2: conoscenza adeguata	Sv (vert.)
	C LC3: conoscenza accurata	
	Fattore di confidenza FC: 1.35	

- Classe d'uso Si veda §2.4.3 del D.M. 2008
- Modalità di progettazione semplificata per zona 4 Attiva la modalità di progettazione semplificata per zona 4 prevista dal D.M. 2008 per gli edifici situati nella ex Zona 4 individuata dalle precedenti norme tecniche. <u>Nota</u>: Nel D.M. 2008 non vengono definite le zone sismiche, tuttavia vengono fatti riferimenti a queste zone, ad esempio "costruzioni ricadenti in zona 4" par. 7 D.M. 2008
- *Pericolosità sismica* Consente di accedere alla finestra *Valutazione della pericolosità sismica* per la definizione della località dell'intervento e dei parametri di pericolosità sismica.
- *Strutture esistenti* Se nella finestra *Normative in uso* è stata selezionata l'opzione *Verifiche sismiche per edificio esistente*, è possibile specificare livello di conoscenza e fattore di confidenza.

Per la modalità di progettazione semplificata in zona 4 si consiglia di eseguire un'analisi statica lineare in modo da considerare la ag ridotta prevista dalla norma per la progettazione semplificata. Se si esegue

un'analisi dinamica lineare la progettazione semplificata avrà effetto solo su combinazioni di calcolo e gerarchia delle resistenze, non sull'azione sismica; l'azione sismica rimarrà quella determinata dalla sovrapposizione dei modi di vibrare della struttura.

Valutazione della pericolosità sismica

La finestra Valutazione della pericolosità sismica consente di definire la località dell'intervento e di determinare le caratteristiche dell'azione sismica. Il D.M. 2008 non considera più le zone sismiche per la determinazione dell'azione sismica, ma definisce una maglia elementare tramite una serie di punti notevoli sul territorio nazionale dotati di valori caratteristici dei coefficienti ag, F0 e Tc*. L'azione sismica per la località di interesse è determinata, **indipendentemente dalla ex zona sismica**, andando a collegarsi ai quattro punti della maglia più vicini e mediando i valori a seconda della distanza della località.

man and have a second have a second have	Vertio della ma	eglia elementare	116974		
LE DI GEORBICA E VULCANOLOGIA	Id node	Longituden	Latitud	ne	Detarus (km)
A ROTS	19-02	11.588	44.03	8	12,350
× == == =	15401	11.552	+4.02	1	3.620
ant ant	15351	11.857	44.37	1	4,943
A DEPART	15490	11.587	44.37		4,457
ampam	Coordnate ga	ograficter			
DDP409	Localtá:	PERRARA (TE)	_		Trova
5.85×6.88	Longhudne:	11.6193 Lat	tudine: 4	4,8360	Applica
5 424 0.215 0.409 0.403 0.412	Poronetti per	le forme spettrali	March 44	RITER	112001000
A Company and and a company	Pver	Tr	lai ge	Fo	7*2
and the second	9.0 81	30	D.037	2.558	0,250
a second and	32.0 63	50	0.046	2.58	0.280
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	S.V 10	475	0.130	2.600	0.270
	9.0 5	975	0.178	2,560	0.280
	Periado di min	ermento per l'am	orwi miernica		8.0
C	Vita In Jannij	Coefficiente USO OJ	Period (anni)	e Vr un pë	rello di sicurvezza si esistenti %
	50	1	53	-	100
	T Rinusville	të Vre Tr (di sor	e NC)	Reset	Calcola
Il calcolo dei perametri steretti le coordinate peografiche Zintrodurre Vn e Cu					100

- Vertici della maglia elementare Questa cornice riporta le informazioni sui nodi del reticolo di riferimento più vicini alla località interessata dall'intervento. *ID nodo, Longitudine* e *Latitudine* sono individuati nella tabella dei parametri spettrali dell'allegato B del D.M. 2008; *Distanza* [km] rappresenta la distanza in km tra i singoli nodi del reticolo e la località individuata nella cornice *Coordinate geografiche*.
- *Coordinate geografiche* Consente di assegnare la località; è possibile eseguire una ricerca per nome del comune oppure inserire direttamente le coordinate geografiche del sito di interesse
- Parametri per le forme spettrali Contiene i valori di ag, F₀, T_c* per i periodi di ritorno Tr indicati. I valori dei periodi di ritorno Tr sono calcolati con la formula dell'allegato A del D.M. 2008 sulla base del periodo di riferimento Vr e della probabilità di superamento Pver espressa in percentuale. Nella tabella 3.2.1 del D.M. 2008 è possibile reperire le definizioni degli stati limite in funzione della probabilità di superamento (Vr)
- *Periodo di riferimento per l'azione sismica* Contiene il valore della vita nominale **Vn** (proposta sulla base della classe d'uso assegnata al passo 1 della definizione della massa sismica) e del coefficiente d'uso **Cu** (si veda §2.4.1 e §2.4.3 del D.M. 2008)
- Livello di sicurezza per esistenti % Consente di progettare una struttura esistente assegnando un'azione sismica ridotta. Per esempio assegnando 60%, PRO_SAP riduce tutte le azioni sismiche (SLO, SLD, SLV e SLC) in maniera che ag [g]*S sia il 60% dell'ag*S previsto per una struttura nuova. Il comando Calcola determina i parametri per le forme spettrali per il valore del periodo di ritorno Vr=Vn·Cu

Passo 2		×
Categoria di suolo di fondazione C A formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi C B depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti C C depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza C D depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente C E profili di terreno costituiti da stati superficiali alluvionali	Categoria topografica (* T1 (* T2 in sommità al pendio (* T3 in cresta al rilievo con moderata (* T4 in cresta al rilievo 100 quota relativa (*) Per Analisi dinamiche - info 5 smorzamento (*) 5 del suolo	S (oriz.)

- Categoria suolo di fondazione Si veda tabella 3.2.II del D.M.2008
- Categoria topografica Si veda tabella 3.2.IV del D.M.2008
- Analisi dello smorzamento Consente di assegnare lo smorzamento percentuale del suolo (valore tipico 5%)



Passo	3									×
Para	metri e fatt	tori spettri							1	
S.L.	ag	eta	S	Fo	Fv	тв	TC	TD	Risposta Signica	S (oriz.)
SLO	0.037	1.0	1.500	2.550	0.659	0.138	0.415	1.746	Locale	
SLD	0.046	1.0	1.500	2.510	0.725	0.149	0.447	1.783	File RSL	
SLV	0.132		1.494	2.600	1.276	0.146	0.437	2.129		Т
SLC	0.178	1	1.427	2.560	1.457	0.149	0.447	2.311		
Vertica	ale per tutt	i:	1.000			0.050	0.150	1.000	Informa	Sv (vert.)
Fatto	ore di strutt	ura			difici isolat	i		-Classe di	duttilità	
q x-x	q y-y 3 9	q z-z	Aiute		periodo Ti 20	s Smorz	. esi	⊖ Alta	Bassa	
10.0	10.0	1			2.0	1.0.0				T
				< Indietro	Ava	anti >	An	nulla	Aggioma	

- *ag* Accelerazione orizzontale massima (ricavata in automatico dal programma)
- eta Si veda §3.2.3.2 del D.M. 2008
- S, Fo, Fv, TB, TC, TD Si veda §3.2 del D.M. 2008 (ricavati in automatico dal programma)
- *Risposta sismica locale* Consente di importare uno spettro di progetto da file anziché utilizzare quello previsto da normativa. Si veda il successivo paragrafo *Risposta sismica locale*
- Informa... Consente di controllare le accelerazioni spettrali per i periodi notevoli
- *Fattore di struttura* Consente di assegnare il valore del fattore di struttura. È possibile avvalersi del comando *Aiuto...* per far calcolare al programma il fattore di struttura da utilizzare. Il comando *Aiuto...* **non assegna automaticamente** il fattore di struttura, dopo averlo fatto calcolare automaticamente al programma il progettista deve assegnarlo manualmente
- *Edifici isolati* In questa cornice è possibile assegnare il periodo e lo smorzamento del sistema di isolamento
- *Classe di duttilità* Per gli edifici nuovi è possibile specificare se effettuare la progettazione in bassa duttilità (CD"B") oppure in alta duttilità (CD"A").

Passo 4				×
Dati comuni per le analisi Quota spiccato [cm] 0.0 Contributo carichi in fondazione Imagiuntiva X: Eccentricità aggiuntiva X: 5 Spost. relativo Ilmite 1000/h 3 Dati per analisi dinamica N. N. 6 N. modi Imagiu Fattore per calcolo rigidezza secante 1	Dati per analisi statii Altezza edificio 60 [cm] Fatt. Lambda 1.0 [0.85 - 1] dir. Periodo T1 0.2 [primo modo] 0.2 [sd (T1) - SLU 0.1 Se (T1) - SLU 0.1 Accelerazione unifo Eccentricità conver Usa spostamenti me Distrib. triangolare p	ca lineare e non lineare 0.0 C telai in accia c telai in c.a. c telai i	aio C altri C utente dir. z-z 0.288 0.059 0.017 ne suggerita: NO z NO r SI SI Aggioma	Sv (vert.)

Dati comuni per le analisi

La cornice Dati comuni per le analisi è da compilare per qualsiasi tipo di analisi:

- *Quota spiccato* Definisce la quota al di sotto della quale sono trascurati i carichi applicati alle strutture ai fini della determinazione delle masse sismiche. È utile se il progettista intende considerare l'ipotesi che le parti di struttura interrate si muovano unitamente al terreno e quindi non generano masse sismiche orizzontali. Sono esclusi dal calcolo delle masse sismiche anche i carichi applicati alla quota definita. La quota spiccato va assegnata in cm a partire dal sistema di riferimento globale.
- Contributo carichi in fondazione Di norma gli elementi con assegnata la proprietà di fondazione ed i carichi ad essi applicati non contribuiscono al computo delle masse sismiche. Questa opzione permette di forzare il programma a considerare anche la massa ed i carichi applicati a questi elementi nel computo delle masse sismiche. Può essere utile per esempio nelle analisi delle masse applicate da macchine vibranti in fondazione
- Eccentricità aggiuntiva Assegna il valore dell'eccentricità accidentale in direzione perpendicolare all'azione sismica definita in fase di introduzione dei casi di carico sismici. Per i valori da assegnare fare riferimento al §7.2.3 (se la distribuzione degli elementi non strutturali è fortemente irregolare in pianta assegnare il 10% di eccentricità) e §7.2.6 del D.M. 2008
- Spost. relativo limite 1000/h Permette di assegnare il valore limite dello spostamento di interpiano per edifici in muratura e in cemento armato. Questo valore serve ad individuare automaticamente gli elementi rotti durante un'analisi pushover.

Dati per analisi dinamica

La cornice *Dati per analisi dinamica* è da compilare nel caso siano stati inseriti dei casi di carico sismici Edk e si voglia dunque eseguire un'analisi dinamica lineare:

- *N. modi* Numero di modi di vibrare da considerare per l'analisi modale
- *N. modi rigidi* Numero di forme modali corrispondenti a spostamenti che avvengono in assenza di deformazione della struttura (presenti nel caso in cui la struttura non sia staticamente determinata)
- *Fattore per calcolo rigidezza secante* Attivo per travi in c.a., permette di tenere conto degli effetti della fessurazione nella valutazione della rigidezza degli elementi, considerando la rigidezza secante a snervamento (si veda §7.2.6 del D.M. 2008)

Dati per analisi statica lineare e non lineare

La cornice *Dati per analisi statica lineare e non lineare* è da compilare nel caso siano stati inseriti dei casi di carico sismici Esk e si voglia dunque eseguire un'analisi statica lineare o non lineare:

Dati per l'analisi statica (par. 7.3.3.2, D.M. 2008):

- Altezza edificio Necessario per il calcolo del periodo T1 (si veda §7.3.3.2 del D.M. 2008)
- *Tipologia dell'edificio* Necessario per la definizione del coefficiente C1 (si veda §7.3.3.2 del D.M. 2008)
- Periodo T1 (primo modo) Calcolato in base alla formula 7.3.5 del D.M. 2008.
- Fattore lambda (0.85-1) Si veda §7.3.3.2 del D.M. 2008
- *Sd(T1)-SLU* Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), componente orizzontale (grafico blu)
- Se(T1)-SLD Valore delle ordinate dello spettro per lo stato limite di danno (SLD), componente orizzontale (grafico rosso)
- Accelerazione uniforme Permette di assegnare valore unitario al coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche

- *Eccentricità convenzionale con momenti Mz* Attivo solo per casi di carico sismici con *Eccentricità Statica convenzionale*; consente di generare la coppia torcente indotta dalla traslazione del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione iniziale, mediante momenti Mz applicati ai nodi. La funzione non è utilizzabile nel caso siano presenti elementi tipo asta.
- Usa spostamenti medi di piano per pushover Nelle analisi di pushover viene considerata la media degli spostamenti dei nodi alla quota del nodo di controllo anziché lo spostamento del punto di controllo per la realizzazione della curva di capacità
- *Distrib. triangolare per pushover* Permette di realizzare una distribuzione di forze triangolare analoga a prevista per l'analisi statica lineare anziché effettuare una analisi dinamica modale

In questa tabella è possibile inserire i coefficienti moltiplicatori dei casi di carico per il calcolo delle masse sismiche. È possibile usare il comando *Definizione masse automatica* per far compilare la tabella al programma. La tabella contiene i seguenti dati:

- nelle righe i casi di carico non sismici definiti dall'utente nella Tabella dei casi di carico
- nella prima colonna i casi di carico sismici definiti dall'utente nella Tabella dei casi di carico
- nelle restanti *colonne* i coefficienti moltiplicativi dei casi di carico per la determinazione delle masse sismiche

Vengono automaticamente esclusi dal computo delle masse sismiche i casi di carico Qvk, Qtk ed Etk. La definizione automatica è eseguita assegnando:

- casi di carico permanenti: valore 1
 - *casi di carico Qsk e Qnk*: valore 1 (il programma andrà automaticamente a leggere i coefficienti *psi2* inseriti dall'utente nell'archivio dei carichi solai e coperture.





Per i casi di carico tipo Qk variabile generico non è possibile la definizione automatica. L'utente deve inserire manualmente i valori di *psi2* previsti dalla tabella 2.5.I del D.M.2008. Se l'utente non definisce i coefficienti *psi2* manualmente il programma, a favore di sicurezza, considera il valore più gravoso previsto dalla tabella 2.5.I ovvero 0.8

Al passo 5 dei casi di carico sismici è anche possibile specificare per ogni caso di carico sismico quale nodo della struttura considerare come punto di controllo per l'analisi pushover.

Inoltre è possibile importare l'analisi modale di riferimento per le analisi di pushover da un file esterno. Di norma il programma esegue automaticamente l'analisi modale prima di eseguire le analisi non lineari e stabilisce quale sia il modo di vibrare di interesse in base al coefficiente di partecipazione nella direzione in cui agisce il sisma. Tuttavia, per modelli molto pesanti con un elevato numero di nodi, può essere utile eseguire un'analisi modale a parte e richiamare i risultati con i comandi previsti al passo V indicando il file con estensione .do contenente da cui attingere le analisi modali. Il file .do è presente nella cartella data del modello nel quale è stata eseguita l'analisi modale. Per ogni caso di carico sismico previsto nella *Tabella dei casi di carico* è necessario indicare manualmente il numero del modo di vibrare da considerare.

Il comando *Stampa spettri* genera 12 file di testo contenenti i dati dello spettro di progetto che verrà usato nelle analisi sismiche. Il nome del file di testo è assegnato secondo la seguente logica:

- Nome della località
- Direzione dell'azione sismica
- Stato limite

Ad esempio, se la località è Ferrara i file avranno i nomi seguenti: *Ferrara_o_x.txt, Ferrara_o_y.txt, Ferrara_o_z.txt*, *Ferrara_d_x.txt, Ferrara_d_y.txt, Ferrara_d_z.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_c_x.txt, Ferrara_c_y.txt, Fe*

Ciascun file di testo ha 2 colonne, nella prima colonna è riportato il periodo T in secondi; nella seconda colonna il moltiplicatore dell'accelerazione di gravità ag (da moltiplicare per g, che vale 981 cm/s^2).



Attenzione: i carichi di pressione, sia uniforme che variabile, NON CONTRIBUISCONO IN NESSUN CASO ALLA GENERAZIONE DELLE MASSE SISMICHE. Se si vuole modellare un carico che faccia massa sismica è necessario utilizzare il carico variabile generale con opzione "uso per carico di superficie" od "uso per carico in proiezione"

Risposta sismica locale

Nel caso fosse necessario considerare una risposta sismica locale è possibile usare i comandi presenti al Passo 3 per importarla. Il comando *Risposta sismica locale* indica che si intende usare la RSL; il comando *File RSL...* consente di cercare il file di testo contenente i dati dello spettro.

I file di testo, realizzabili con qualunque editor di testo come per esempio il *Blocco note* di *Windows*, dovranno avere due colonne:

- la prima colonna deve contenere il periodo T in secondi
- la seconda colonna deve contenere il moltiplicatore dell'accelerazione di gravità ag (il programma lo moltiplicherà automaticamente per g, che vale 981 cm/s^2)

I file devono essere composti al massimo di 83 righe.

Con il comando *File RSL...* è sufficiente indicare un solo spettro, il programma leggerà automaticamente tutti gli altri presenti nella cartella. Non è obbligatorio definire tutti i 12 file degli spettri, è sufficiente definire quelli necessari per i casi di carico sismici definiti e per gli stati limite da considerare.

Il nome del file di testo deve seguire questa logica:

- Nome dello spettro (senza spazi o caratteri speciali)
- Direzione dell'azione sismica (indicata con le lettere X, Y e Z)
- Stato limite (indicata con le lettere O, D, V e C)

l nomi dei file possono essere per esempio: *Ferrara_o_x.txt, Ferrara_o_y.txt, Ferrara_o_z.txt Ferrara_d_x.txt, Ferrara_d_y.txt, Ferrara_d_z.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_v_y.txt, Ferrara_v_z.txt, Ferrara_c_x.txt, Ferrara_c_y.txt. Ferrara_c_z.txt. Ferrara_c_z.txt, Ferrara_c_z.t*

Nel caso mancassero alcuni spettri il programma sostituisce gli spettri mancanti della risposta sismica locale con quelli previsti da normativa.

È possibile recuperare un esempio di formattazione dei file usando il comando Stampa spettri al passo 5.



Attenzione: nel caso si importi una risposta sismica locale non vengono applicati lo smorzamento ed il fattore di struttura specificati al passo 3 dei casi di carico sismici. Se è necessario considerare questi parametri nell'analisi bisogna importare una risposta sismica locale che già ne tenga conto.

Risposta Si	ismica Loca	ale		×
⊢Input file Nome file Esempio:	spettro tipo RSL_Arpino	_V_X, fileRc	ma_D_Z	Sfoglia
File spett SLO SLD	ro individuat Dir. X □	Dir. Y	Dir. Z	NDTA: indicare uno dei 12 file spettro. I restanti saranno individuati automaticamente. In sostituzione dei file mancanti, se richiesto, si adotterà lo spettro di normativa. I parametri eta e q non modificano i valori dei file spettro
SLV SLC				ma solo lo spettro di normativa.

Analisi sismica secondo D.M. 16 gennaio 1996

La normativa da utilizzare per la definizione dell'azione sismica va indicata nella finestra *Normative in uso* a cui si accede con i comandi *Preferenze* ► *Normative*.

Selezionando D.M. 96 nella cornice *Sismica* si attivano gli automatismi previsti per questa norma.

Definizione dello spettro di risposta

La definizione dell'azione sismica avviene nella *Tabella dati per le analisi sismiche,* attivabile con il comando **Dati di carico ► Casi di carico: sismica**.

Tabella dati per le analisi sismiche								
C.D.C. sisn	nico	CDC=Ed (dinami	ico SLD) alfa	a=90.00 (ecc.	+]			
C.D.C. sele	ezionato	CDC=Ggk (peso	proprio della	a struttura)				
Sisma	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 14	~	
LC 6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LC 7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LC 8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LC 9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LC 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LC 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	~	
<							>	
⊢ Coefficie	nti sismic	i	– Dati per a	analisi dinamio	a			
intensità	intensità sism.		N. modi 40	N. moo rigidi	i 0 M	lolt. erticale (*)		
struttura	no alam.	1.0	Spettro di default Sfoglia S					
fondazio	ne	1.0	(*) di norma 0; 2 per grandi luci o cop. spingenti, 4 per sbalzi					
– Dati relati	vi alla for	ndazione	Dati per analisi statica					
Quota sj [cm]	piccato	100.0	Fatt. Lan (metri)	nbda x D 0		Dir. Xinegati Dir. Xinegati	vo 🗖	
Contribu fondazio	to carichi ne	iin 🗆	Accelerazione uniforme (coeff. gamma pari a 1)					
Applic	a	Del	finizione mas	se automatica	3	Annu	lla	

La tabella riportata i seguenti dati:

- C.D.C. sismico Riporta il nome del caso di carico sismico selezionato. È possibile selezionare il caso di carico sismico cliccando con il tasto sinistro del mouse sul caso di carico di interesse tra quelli presenti nella colonna Sisma.
- C.D.C. selezionato Riporta il nome del caso di carico selezionato. È possibile selezionare il caso di carico cliccando con il tasto sinistro del mouse sul caso di carico di interesse tra quelli presenti nella colonne LC1, LC2, L33, ecc...
- La tabella per la definizione delle masse sismiche che riporta:
 - Nella prima colonna i casi di carico sismici definiti nella Tabella dei casi di carico.
 - Nelle *colonne* successive i casi di carico definiti nella *Tabella dei casi di carico*. Sono automaticamente esclusi i casi di carico che non fanno massa sismica (carichi termici Qtk, precompressione Pk, ecc...).
 - Nelle righe il coefficiente moltiplicatore del caso di carico per il computo delle masse sismiche. È possibile modificare i coefficienti cliccando con il tasto sinistro del mouse sul numero ed inserendo il valore desiderato (per esempio il valore 1.0 indica che il caso di carico è completamente partecipante alla definizione delle masse sismiche). Nel caso si desideri assegnare ai carichi accidentali i riduttori sismici definiti nell'archivio solai e coperture, è necessario inserire il moltiplicatore con valore 1.

Il comando Definizione masse automatica consente di definire automaticamente i moltiplicatori dei carichi. Cornice Coefficienti sismici

- Intensità sism. Coefficiente di intensità sismica (default = 0.1). Per il D.M. 96 questo coefficiente è valutato in base alla formula C = (S 2)/100 dove: S = 6 zona categoria III; S = 9 zona categoria II; S = 12 zona categoria I.
- *Protezione sism.* Coefficiente di protezione sismica I. Per opere la cui resistenza al sisma è di importanza primaria per le necessità della protezione civile si assume I=1.4; per le opere che presentano un particolare rischio per le loro caratteristiche d'uso si assume I=1.2; per le opere che non rientrano nelle categorie precedenti, si assume I=1.0 (si veda §C.6.1.1 del D.M. 96).

- Struttura Coefficiente di struttura, si assume di regola pari ad 1.0; nel caso in cui nella struttura vi siano telai ed elementi irrigidenti verticali e su questi ultimi prevalentemente si distribuiscano le azioni orizzontali, si assume pari ad 1.2 (si veda §C.6.1.1. del D.M. 96). Per edifici in muratura è necessario assegnare il valore di β1 · β2 (2 o 4 per edifici nuovi o esistenti).
- Fondazione Coefficiente di fondazione ε, si assume di regola pari ad 1; in presenza di stratigrafie caratterizzate da depositi alluvionali di spessore variabile da 5 a 20 metri soprastanti terreni coesivi o litoidi con caratteristiche meccaniche significativamente superiori, si assumerà per il coefficiente ε il valore 1.3 (si veda §C.6.1.1. del D.M. 96).

Cornice Dati relativi alla fondazione

- Quota spiccato (cm) Definisce la quota al di sotto della quale sono trascurati i carichi applicati alle strutture nella determinazione delle masse sismiche in considerazione del fatto che le parti di struttura interrate si muovono unitamente al terreno e quindi non generano masse sismiche orizzontali. Sono esclusi dal calcolo delle masse sismiche anche i carichi applicati alla quota definita. Le masse generate da elementi a cui è stata assegnata la proprietà di fondazione, sono escluse in modo automatico dal calcolo delle masse sismiche.
- *Contributo carichi in fondazione* Attivando questa opzione nel computo delle masse sismiche si tiene conto anche dei carichi applicati alle strutture di fondazione.

Cornice Dati per analisi dinamica

- *N. modi* Numero di modi di vibrare da considerare per l'analisi modale.
- *N. modi rigidi* Numero di forme modali corrispondenti a spostamenti che avvengono in assenza di deformazione della struttura (presenti solo nel caso in cui la struttura non sia staticamente determinata).
- *Molt. verticale Nel* caso in cui si debbano considerare le azioni sismiche verticali questo coefficiente può valere 2 o 4. I casi in cui è necessario considerare le azioni sismiche verticali ed il valore del coefficiente da applicare sono descritti al §C.6.1.3. ed al §C.6.2 del D.M. 96. Lo spettro risultante si considera applicato all'intera struttura.
- *Risposta sismica locale* Nel caso fosse necessario utilizzare una risposta sismica locale anziché lo spettro da normativa, il comando *Sfoglia* consente l'importazione da un file di testo.
- SQRT/CQC Consente di specificare il metodo di combinazione delle forme modali a scelta tra radice quadrata della somma dei quadrati e combinazione quadratica completa.

Cornice Dati per analisi statica

- *Fatt. Lambda x D (metri)* Permette di tenere conto dell'eccentricità fra il baricentro delle rigidezze e quello delle masse (si veda §C.6.1.2 del D.M. 96).
- *Dir X negativo P*ermette di tenere conto nel sisma in direzione X della coppia torcente generata dall'eccentricità fra il baricentro delle rigidezze e quello delle masse.
- *Dir* Y *negativo P*ermette di tenere conto nel sisma in direzione Y della coppia torcente generata dall'eccentricità fra il baricentro delle rigidezze e quello delle masse.
- Accelerazione uniforme (coeff. gamma pari a 1) Permette di assegnare valore unitario al coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche γ i (si veda §C.6.1.1 del D.M. 96: *Khi* = $CxRx\epsilon x\beta x\gamma ixI$, nel caso di accelerazione uniforme diventa: *Khi* = $CxRx\epsilon x\beta xI$ e nel caso in cui il valore del prodotto $\epsilon x\beta$ sia 1, l'espressione si trasforma in quella riportata al punto B.4).

Analisi sismica secondo Ordinanza 3274

La normativa da utilizzare per la definizione dell'azione sismica va indicata nella finestra *Normative in uso* a cui si accede con i comandi *Preferenze* ► *Normative*.

Selezionando Ordinanza 3274 nella cornice *Sismica* si attivano gli automatismi previsti per questa norma.

Definizione dei carichi per solai e coperture

Nella tabella dei carichi automatici è possibile assegnare ad ogni archivio di carico i valori per le analisi sismiche (si vedano le tabelle 3.4 e 3.5 dell'Ordinanza 3274).

Definizione dei casi di carico sismici

I casi di carico sismici possono essere definiti manualmente dall'utente oppure li può definire automaticamente il programma usando i comandi descritti nei paragrafi precedenti.

Nel caso sia stato indicato al programma di definire automaticamente i casi di carico sismici vengono considerati i seguenti casi di carico (sia per l'analisi statica lineare che per quella dinamica lineare):

- SLU con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva e negativa
- SLU con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva e negativa
- SLD con angolo d'ingresso 0 ed eccentricità positiva e negativa
- SLD con angolo d'ingresso 90 ed eccentricità positiva e negativa

Nel caso si scelga di eseguire un'analisi dinamica lineare il programma è predisposto per individuare automaticamente la modalità di combinazione modale SRSS (si veda equazione 4.4 dell'Ordinanza 3274) o CQC (si veda equazione 4.5 dell'Ordinanza 3274) come indicato dalla normativa. È comunque possibile specificare di usare regole diverse di combinazione, a tale proposito si veda il paragrafo *Selezione del solutore* del presente capitolo della guida.

Le informazioni richieste per definire un caso di carico sismico lineare (sia per l'analisi statica che per l'analisi dinamica) sono le seguenti:

Dati azione sismica (pt. 3.2)		×	ł
Angolo di ingresso	•	Componente verticale 🗌	1
Tipo di azione:		Eccentricità accidentale:	1
SLE (SLO) Stato limite operativo	0	Rapida O	
SLE (SLD) Stato limite di danno	0	Positiva 📀	
SLU (SLV) Stato limite ultimo	•	Negativa C	
		Non presente C	
SLU (SLC) Stato limite di collasso		Statica convenzionale 💦 🔿	
			1
		OK Annulla	

- Angolo di ingresso Definisce l'angolo di ingresso del sisma rispetto alla direzione dell'asse X del sistema di riferimento globale. Angolo di ingresso = 0 definisce un sisma parallelo all'asse X, Angolo di ingresso = 90 definisce un sisma parallelo all'asse Y
- Componente verticale Consente di specificare che il caso di carico viene utilizzato per considerare la componente verticale del sisma (per la componente verticale non sono attivi i comandi per l'eccentricità accidentale)
- *Tipo di azione* Questa cornice consente di definire la tipologia di sisma che in accordo all'Ordinanza 3274 può essere di tipo:
 - SLE (SLD) Stato Limite di Danno
 - SLU (SLV) Stato Limite di salvaguardia della Vita
 - SLU (SLC) Stato limite di Collasso
- *Eccentricità accidentale* Consente di definire la modalità di inserimento dell'eccentricità addizionale percentuale in direzione perpendicolare all'azione sismica. Per la scelta delle varie opzioni si veda il paragrafo *Definizione dell'eccentricità accidentale*
- Metodo di analisi (cornice presente solo nei casi di carico tipo Esk) Consente di specificare se eseguire un'analisi statica lineare o non lineare, ed in questo secondo caso consente di specificare la distribuzione delle forze da adottare. Per l'analisi statica lineare è necessario selezionare l'opzione Lineare; per le analisi non lineari si veda il paragrafo Casi di carico per le analisi non lineari

Definizione dello spettro di risposta

È possibile definire lo spettro di risposta tramite la procedura guidata in cinque passi che si attiva con il comando **Dati di carico ► Casi di carico: sismica**.

Fattore di importanza	Zona sismica C Zona 1 C Zona 3 S (oriz.)
edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri)	C Zona 2 C Zona 4
C III edifici ordinari	ag: [0.25 [g]
Fattore di importanza: 1.4	Strutture esstenti C LC1: conoscenza limitata C LC2: conoscenza adeguata C LC2: conoscenza accutata
	Fattore di confidenza FC: 1.35

Passo1

- Fattore di importanza Si veda §4.7 dell'Ordinanza 3274
- Zona sismica Si veda §3.2.1 dell'Ordinanza 3274
- Strutture esistenti Se nella finestra Normative in uso è stata selezionata l'opzione Verifiche sismiche per edificio esistente, questa cornice permette di specificare livello di conoscenza e fattore di confidenza



Consente di definire la categoria del suolo di fondazione (si veda §3.1 dell'Ordinanza 3274). **Passo 3**

Passo 3	×
Parametri e fattori spettri Fattore eta Fattore di sito S TB TC TD Fattore SLD Orizzontale 1.0 1.25 0.15 0.5 2.0 2.5 Verticale 1.0 1.0 0.05 0.15 1.0 2.5 Seleziona Fattore di struttura q ×x q yy q -z Edfici isolati Classe di duttiltà 3.9 3.9 1.5 2.0 10.0 Classe di duttiltà Periodo Tis Smorz. esi 2.0 10.0 Atta< Bassa NOTE: Fattore eta: effetto dello smorzamento sullo spettro elastico [tipico 1.0] Fattore S: ove necessario introdure SxSt [non maggiore di 1.6] Fattore SLD: fattore riduttivo delle forze elastiche per le verfiche SLD [tipico 2.5] Fattore q: fattore riduttivo delle forze elastiche [per la componente verticale tipico 1.5]	S (oriz:)

- Fattore eta Si veda §3.2.3 dell'Ordinanza 3274
- Fattore di sito S, TB, TC, TD Si vedano le tabelle 3.1 e 3.2 dell'Ordinanza 3274
- *Fattore SLD* Riduce le ordinate dello spettro di risposta elastico (si veda §3.2.6 dell'Ordinanza 3274)
- Spettri da file Consente di importare una risposta sismica locale da un file di testo
- *Fattore di struttura* Consente di specificare il valore del fattore di struttura q (si veda §5.3.2, §6.3.3, §7.1, e §8.1.3 dell'Ordinanza 3274)
- *Edifici isolati* Consente di assegnare il valore del periodo e lo smorzamento del sistema di isolamento
- Classe di duttilità E' possibile specificare se effettuare la progettazione di edifici nuovi in CD"B" (bassa duttilità) e CD"A" (alta duttilità).

Passo 4		×
Dati comuni per le analisi Quota spiccato [cm] Quota spiccato [cm] fondazione Eccentricità aggiuntiva X: Spost. relativo Imite 1000/h Jati per analisi dinamica N. Id0 N. Id0 N. Id0 N. Fattore per calcolo rigidezza secante	Dati per analisi statica lineare e non lineare Altezza edificio 750.0 C telai in acciaio altri [cm] Fatt. Lambda 1.0 C telai in c.a. C utente [0.85 - 1] dir. x-x dir. y-y dir. z-z outente 0.34 0.34 [primo modo] [0.34 [0.34 0.34 0.34 0.34 Sd (T1) - SLU 0.28 [0.278] 0.278 opzione suggerita: Accelerazione unforme [Fi=Fh] NO Se ccentricità convenzionale con momenti Mz NO Usa spostamenti medi di piano per pushover SI SI Indietro Avanti > Annulla Aggioma	

Dati comuni per le analisi

La cornice Dati comuni per le analisi è da compilare per qualsiasi tipo di analisi:

- *Quota spiccato* Definisce la quota al di sotto della quale sono trascurati i carichi applicati alle strutture ai fini della determinazione delle masse sismiche. È utile se il progettista intende considerare l'ipotesi che le parti di struttura interrate si muovano unitamente al terreno e quindi non generano masse sismiche orizzontali. Sono esclusi dal calcolo delle masse sismiche anche i carichi applicati alla quota definita. La quota spiccato va assegnata in cm a partire dal sistema di riferimento globale.
- Contributo carichi in fondazione Di norma gli elementi con assegnata la proprietà di fondazione ed i carichi ad essi applicati non contribuiscono al computo delle masse sismiche. Questa opzione permette di forzare il programma a considerare anche la massa ed i carichi applicati a questi elementi nel computo delle masse sismiche. Può essere utile per esempio nelle analisi delle masse applicate da macchine vibranti in fondazione
- *Eccentricità aggiuntiva* Assegna il valore dell'eccentricità accidentale in direzione perpendicolare all'azione sismica definita in fase di introduzione dei casi di carico sismici. Per i valori da assegnare fare riferimento al §4.4 dell'Ordinanza 3274
- Spost. relativo limite 1000/h Permette di assegnare il valore limite dello spostamento di interpiano per edifici in muratura e in cemento armato. Questo valore serve ad individuare automaticamente gli elementi rotti durante un'analisi pushover

Dati per analisi dinamica

La cornice *Dati per analisi dinamica* è da compilare nel caso siano stati inseriti dei casi di carico sismici Edk e si voglia dunque eseguire un'analisi dinamica lineare:

- *N. modi* Numero di modi di vibrare da considerare per l'analisi modale
- *N. modi rigidi* Numero di forme modali corrispondenti a spostamenti che avvengono in assenza di deformazione della struttura (presenti nel caso in cui la struttura non sia staticamente determinata)
- *Fattore per calcolo rigidezza secante* Attivo per travi in c.a., permette di tenere conto degli effetti della fessurazione nella valutazione della rigidezza degli elementi, considerando la rigidezza secante a snervamento (si veda §4.4 dell'Ordinanza 3274)

Dati per analisi statica lineare e non lineare

La cornice *Dati per analisi statica lineare e non lineare* è da compilare nel caso siano stati inseriti dei casi di carico sismici Esk e si voglia dunque eseguire un'analisi statica lineare o non lineare:

Dati per l'analisi statica (par. 7.3.3.2, D.M. 2008):

- *Altezza edificio* Necessario per il calcolo del periodo T1 (si veda §4.5.2 dell'Ordinanza 3274)
- *Tipologia dell'edificio* Necessario per la definizione del coefficiente C1 (si veda §4.5.2 dell'Ordinanza 3274)
- Periodo T1 (primo modo) Calcolato in base alla formula 4.1 dell'Ordinanza 3274
- Fattore lambda (0.85-1) Si veda §4.5.2 dell'Ordinanza 3274
- *Sd(T1)-SLU* Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite ultimo, componente orizzontale (grafico blu)
- *Se(T1)-SLD* Valore delle ordinate dello spettro elastico valutato tenendo conto del *fattore SLD*, componente orizzontale (grafico rosso)
- Accelerazione uniforme Permette di assegnare valore unitario al coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche

- Eccentricità convenzionale con momenti Mz (attivo solo per casi di carico sismici con Eccentricità Statica convenzionale) Consente di generare la coppia torcente indotta dalla traslazione del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione iniziale, mediante momenti Mz applicati ai nodi. La funzione non è utilizzabile nel caso siano presenti elementi tipo asta.
- Usa spostamenti medi di piano per pushover Nelle analisi di pushover viene considerata la media degli spostamenti dei nodi alla quota del nodo di controllo anziché lo spostamento del punto di controllo per la realizzazione della curva di capacità
- *Distrib. triangolare per pushover* Permette di realizzare una distribuzione di forze triangolare analoga a prevista per l'analisi statica lineare anziché effettuare una analisi dinamica modale

CDC ser	1010 (1010) (1010)	DC+Ed idiner	eco SLD) alfa proprio della s	-90.00 (eao) trutture)	Nod	o oont, 💿	0	S (onz)
t rfermert	and lichies	ka sojo per pu	shover		Stople. Mod	o filer, 📳	0	
Sona	LC 1	10.2	103	LCATI	LESIT	115 14		NI
LC U 6 LC U 7 LC U 9 LC U 9 LC U 9 LC D 10	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	1.00 1.40 1.00 1.00 1.00 4.00	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	,	Sv (vert.)
de Gk de Gk	pai 2 x fi ink : di regi	percanchi van ola 1 (psi 2 e %	abili Q da aichivio o	9700)	(**) Oper delas Definizione r	it in pushover sasse automa	6ca	L

In questa tabella è possibile inserire i coefficienti moltiplicatori dei casi di carico per il calcolo delle masse sismiche. È possibile usare il comando *Definizione masse automatica* per far compilare la tabella al programma. La tabella contiene i seguenti dati:

- Nelle righe i casi di carico non sismici definiti dall'utente nella Tabella dei casi di carico
- Nella prima colonna i casi di carico sismici definiti dall'utente nella Tabella dei casi di carico
- Nelle restanti *colonne* i coefficienti moltiplicativi dei casi di carico per la determinazione delle masse sismiche

Vengono automaticamente esclusi dal computo delle masse sismiche i casi di carico Qvk, Qtk ed Etk. La definizione automatica è eseguita assegnando:

- Casi di carico permanenti: valore 1
- Casi di carico Qsk e Qnk: valore 1 (il programma andrà automaticamente a leggere i coefficienti psi2 inseriti dall'utente nell'archivio dei carichi solai e coperture.



Per i casi di carico tipo *Qk* variabile generico non è possibile la definizione automatica. L'utente deve inserire manualmente i valori di *psi2* previsti al §3.3 dell'Ordinanza 3274. Se l'utente non definisce i coefficienti *psi2* manualmente il programma, a favore di sicurezza, considera il coefficiente più gravoso previsto dalla tabella 3.4 cioè 0.8

Al passo 5 dei casi di carico sismici è anche possibile specificare per ogni caso di carico sismico quale nodo della struttura considerare come punto di controllo per l'analisi pushover.

Inoltre è possibile importare l'analisi modale di riferimento per le analisi di pushover da un file esterno. Di norma il programma esegue automaticamente l'analisi modale prima di eseguire le analisi non lineari e stabilisce quale sia il modo di vibrare di interesse in base al coefficiente di partecipazione nella direzione in cui agisce il sisma. Tuttavia, per modelli molto pesanti con un elevato numero di nodi, può essere utile eseguire un'analisi modale a parte e richiamare i risultati con i comandi previsti al passo 5 premendo il comando *Sfoglia* e indicando il file con estensione do da cui attingere le analisi modali. Il file do è presente nella *cartella data* del modello nel quale è stata eseguita l'analisi modale. Per ogni caso di carico sismico previsto nella *Tabella dei casi di carico* è necessario indicare manualmente il numero del modo di vibrare da considerare.

Il comando *Stampa spettri* genera 12 file di testo contenenti i dati dello spettro di progetto che verrà usato nelle analisi sismiche.



Attenzione: i carichi di pressione, sia uniforme che variabile, non contribuiscono in nessun caso alla generazione delle masse sismiche! Se si vuole modellare un carico che faccia massa sismica è necessario utilizzare il carico variabile generale con opzione Uso per carico di superficie o Uso per carico in proiezione.

Analisi sismica secondo UNI EN 1998-1:2005 – EC 8

La normativa da utilizzare per la definizione dell'azione sismica va indicata nella finestra *Normative in uso* a cui si accede con i comandi *Preferenze* ► *Normative*.

Selezionando EC8 nella cornice Sismica si attivano gli automatismi previsti per questa norma.

Definizione dello spettro di risposta

È possibile definire lo spettro di risposta tramite la procedura guidata in cinque passi che si attiva con il comando **Dati di carico > Casi di carico: sismica**.

Passo 1

Costruzioni in cui uso prevede anolamenti significativi. Industrie pericolose per l'ambiente. Costruzioni pubbliche o strategiche. (^ 1) Vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni. Costruzioni non previste in classe 2)	C Zona 2 C Zona 4 Accelerazione ag 0.25 [g]	
Fattore Classe 2: 1.4 Accelerazione adottata: ag x Fattore Classe 2 NOTE:	Strutture esistenti CLC1: conoscenza limitata CLC2: conoscenza adeguata CLC3: conoscenza accurata Fattore di confidenza FC: 1.35	Sv (vert.)

- Fattore di importanza Si veda §4.2.5 dell'EC8
- Zona sismica Si veda §3.2.1 dell'EC8
- Strutture esistenti Se nella finestra Normative in uso è stata selezionata l'opzione Verifiche sismiche per edificio esistente, questa cornice permette di specificare livello di conoscenza e fattore di confidenza

Passo 2

Passo 2	×
Categoria di suolo di fondazione C A formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi C B depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti C depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza C D depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti C E profili di terreno costituiti da stati superficiali alluvionali	Sv (vert.)
< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna	

- Categoria suolo di fondazione Si veda §3.1 dell'EC8
- Forma spettrale Si veda §3.2.2.2 dell'EC8

Passo 3 X
Parametri e fattori spettri
Fattore eta Fattore di sito S TB TC TD Fattore SLD Orizzontale SLD 1.0 1.5 0.05 0.25 1.2 2.5 Orizzontale SLU 1.25 0.15 0.5 2.0 Seleziona Seleziona Verticale 1.0 1.0 0.05 0.15 1.0 2.5
Fattore di struttura Gasse di duttilità q xx q yy q z-z 3.9 3.9 1.5 Construction Casse di duttilità Construction Construction Construction Constructio
Fattore eta enereto dello sino zano per lo verifiche SLD [tipico 2.5] Fattore SLD: fattore riduttivo delle forze elastiche [per la componente verticale tipico 1.5]

- *Fattore eta* Si veda §3.2.2 dell'EC8
- Fattore di sito S, TB, TC, TD Si vedano le tabelle 3.2 e 3.3 dell'EC8
- *Fattore SLD* Riduce le ordinate dello spettro di risposta elastico (si veda §3.2.6 dell'Ordinanza 3274)
- *Fattore v* Consente di definire il fattore riduttivo v degli spostamenti per la verifica di limitazione dei danni
- Usa spettri da file Consente di importare una risposta sismica locale da un file di testo
- Fattore di struttura Consente di specificare il valore del fattore di struttura q (si veda §3.2.2.5 dell'EC8)
- *Edifici isolati* Consente di assegnare il valore del periodo e lo smorzamento del sistema di isolamento
- *Classe di duttilità* E' possibile specificare se effettuare la progettazione di edifici nuovi in DCH (alta duttilità), DCM (media duttilità) e DCL (bassa duttilità)

Dati comuni per le analisi	Dati per analisi	statica linea	re e non lineare -		
Quota spiccato [cm] 100.0	Altezza edificio	750.0	🔿 telai in accia	aio 🔿 altri	S (oriz.)
Contributo carichi in fondazione	[cm] Fatt. Lambda	1.0	🖲 telai in c.a.	⊖ utente	
Eccentricità aggiuntiva X: 5 Y: 5	[U.85 - 1] Periodo T1 [primo modo]	dir. x-x 0.34	dir. y-y 0.34	dir. z-z 0.34	
Spost. relativo	Sd (T1) - SLU	0.28	0.28	0.278	
limite 1000/h 3 0	Se (T1) - SLD	0.386	0.386	0.167	E Sv (vert.)
N. 40 N. modi 0 modi	Accelerazione Eccentricità co	uniforme [Fi: nvenzionale	opzio =Fh] e con momenti Mz	ne suggerita: NO NO	
Fattore per calcolo rigidezza secante	Usa spostamer Distrib. triangola	iti medi di pi are per push	ano per pushove nover	r 🗌 SI 🔲 SI	

Dati comuni per le analisi

La cornice Dati comuni per le analisi è da compilare per qualsiasi tipo di analisi:

- Quota spiccato Definisce la quota al di sotto della quale sono trascurati i carichi applicati alle strutture ai fini della determinazione delle masse sismiche. È utile se il progettista intende considerare l'ipotesi che le parti di struttura interrate si muovano unitamente al terreno e quindi non generano masse sismiche orizzontali. Sono esclusi dal calcolo delle masse sismiche anche i carichi applicati alla quota definita. La quota spiccato va assegnata in cm a partire dal sistema di riferimento globale.
- Contributo carichi in fondazione Di norma gli elementi con assegnata la proprietà di fondazione ed i carichi ad essi applicati non contribuiscono al computo delle masse sismiche. Questa opzione permette di forzare il programma a considerare anche la massa ed i carichi applicati a questi elementi nel computo delle masse sismiche. Può essere utile per esempio nelle analisi delle masse applicate da macchine vibranti in fondazione

- *Eccentricità aggiuntiva* Assegna il valore dell'eccentricità accidentale in direzione perpendicolare all'azione sismica definita in fase di introduzione dei casi di carico sismici. Per i valori da assegnare fare riferimento al §4.3.2 dell'EC8
- Spost. relativo limite 1000/h Permette di assegnare il valore limite dello spostamento di interpiano per edifici in muratura e in cemento armato. Questo valore serve ad individuare automaticamente gli elementi rotti durante un'analisi pushover

Dati per analisi dinamica

La cornice *Dati per analisi dinamica* è da compilare nel caso siano stati inseriti dei casi di carico sismici Edk e si voglia dunque eseguire un'analisi dinamica lineare:

- *N. modi* Numero di modi di vibrare da considerare per l'analisi modale
- *N. modi rigidi* Numero di forme modali corrispondenti a spostamenti che avvengono in assenza di deformazione della struttura (presenti nel caso in cui la struttura non sia staticamente determinata)
- *Fattore per calcolo rigidezza secante* Attivo per travi in c.a., permette di tenere conto degli effetti della fessurazione nella valutazione della rigidezza degli elementi, considerando la rigidezza secante a snervamento

Dati per analisi statica lineare e non lineare

La cornice *Dati per analisi statica lineare e non lineare* è da compilare nel caso siano stati inseriti dei casi di carico sismici Esk e si voglia dunque eseguire un'analisi statica lineare o non lineare:

- *Altezza edificio* Necessario per il calcolo del periodo T1 (si veda §4.3.3.2.2 dell'EC8)
- *Tipologia dell'edificio* Necessario per la definizione del coefficiente Ct (si veda §4.3.3.2.2 dell'EC8)
- Periodo T1 (primo modo) Calcolato in base alla formula 4.6 dell'EC8
- Fattore lambda (0.85-1) Si veda §4.3.3.2.2 dell'EC8
- *Sd(T1)-SLU* Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite ultimo, componente orizzontale e verticale (grafico blu)
- Se(T1) Valore delle ordinate dello spettro elastico, componente orizzontale e verticale (grafico rosso)
- Accelerazione uniforme Permette di assegnare valore unitario al coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche
- *Eccentricità convenzionale con momenti Mz* (attivo solo per casi di carico sismici con *Eccentricità Statica convenzionale*) Consente di generare la coppia torcente indotta dalla traslazione del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione iniziale, mediante momenti Mz applicati ai nodi. La funzione non è utilizzabile nel caso siano presenti elementi tipo asta.
- Usa spostamenti medi di piano per pushover Nelle analisi di pushover viene considerata la media degli spostamenti dei nodi alla quota del nodo di controllo anziché lo spostamento del punto di controllo per la realizzazione della curva di capacità
- *Distrib. triangolare per pushover* Permette di realizzare una distribuzione di forze triangolare analoga a prevista per l'analisi statica lineare anziché effettuare una analisi dinamica modale

Passo 5

DC ser	111C	DC+Ed idiner	proprio della s	-90.00 leas) truttural	Nod	a cont, io	0	S (onz)
nalsi nod I rferment	ate lighter	ita solo per pu	ahover		Stople. Mod	la rifer. 📳	0	
Saina LC U 5 LC U 7 LC U 9 LC U 9 LC U 9	LC 1 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	LC 2 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	LE 3 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	LC 4 [] 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00	LE 14 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00 1.00		Sv (vort.)
IOTA () : de Gik (u ide Gik/G	sefficienti; Nizzani pol	per canchi via 2 are di regola 1	uabeliQ (psiZdaarch	(vilo calloo)	(**) Oper delas Definizione r	it in pushow vaste autom	e865	L

In questa tabella è possibile inserire i coefficienti moltiplicatori dei casi di carico per il calcolo delle masse sismiche. È possibile usare il comando *Definizione masse automatica* per far compilare la tabella al programma. La tabella contiene i seguenti dati:

- nelle *righe* i casi di carico non sismici definiti dall'utente nella *Tabella dei casi di carico*
- nella prima colonna i casi di carico sismici definiti dall'utente nella Tabella dei casi di carico
- nelle restanti *colonne* i coefficienti moltiplicativi dei casi di carico per la determinazione delle masse sismiche

Vengono automaticamente esclusi dal computo delle masse sismiche i casi di carico Qvk, Qtk ed Etk. La definizione automatica è eseguita assegnando:

- casi di carico permanenti: valore 1
- *casi di carico* Qsk e Qnk: valore 1 (il programma andrà automaticamente a leggere i coefficienti psi2 inseriti dall'utente nell'archivio dei carichi solai e coperture.



Per i casi di carico tipo Qk variabile generico non è possibile la definizione automatica. L'utente deve inserire manualmente i valori di *psi2* in conformità al §3.2.4 e § 4.2.4 di EC8. Se l'utente non definisce i coefficienti *psi2* manualmente il programma, a favore di sicurezza, considera il coefficiente più gravoso previsto dall'Eurocodice.

Al passo 5 dei casi di carico sismici è anche possibile specificare per ogni caso di carico sismico quale nodo della struttura considerare come punto di controllo per l'analisi pushover.

Inoltre è possibile importare l'analisi modale di riferimento per le analisi di pushover da un file esterno. Di norma il programma esegue automaticamente l'analisi modale prima di eseguire le analisi non lineari e stabilisce quale sia il modo di vibrare di interesse in base al coefficiente di partecipazione nella direzione in cui agisce il sisma. Tuttavia, per modelli molto pesanti con un elevato numero di nodi, può essere utile eseguire un'analisi modale a parte e richiamare i risultati con i comandi previsti al passo 5 premendo il comando *Sfoglia* e indicando il file con estensione .do da cui attingere le analisi modali. Il file .do è presente nella *cartella data* del modello nel quale è stata eseguita l'analisi modale. Per ogni caso di carico sismico previsto nella *Tabella dei casi di carico* è necessario indicare manualmente il numero del modo di vibrare da considerare.

Il comando *Stampa spettri* realizza due file di testo contenenti gli spettri utilizzati dal programma e formattati nel seguente modo:

Spettro orizzontale

Periodo; Spettro di progetto per lo stato limite ultimo in direzione X (Sd(T)X); Spettro di progetto per lo stato limite ultimo in direzione Y (Sd(T)Y); Spettro elastico moltiplicato per 0.25 (Se(T)·0.25); spostamento corrispondente; Spettro elastico moltiplicato per 0.5 (Se(T)·0.5); spostamento corrispondente; Spettro elastico moltiplicato per 1.5 (Se(T)·1); spostamento corrispondente; Spettro elastico moltiplicato per 1 (Se(T)·1); spostamento corrispondente; Spettro elastico moltiplicato per 1 (Se(T)·1); spostamento corrispondente; Spettro elastico moltiplicato per 1.5 (Se(T)·1.5); spostamento corrispondente

Spettro verticale

Periodo; Spettro di progetto per lo stato limite ultimo in direzione Z (Sd(T)Z); Spettro elastico in direzione Z



Attenzione: i carichi di pressione, sia uniforme che variabile, non contribuiscono in nessun caso alla generazione delle masse sismiche. Se si vuole modellare un carico che faccia massa sismica è necessario utilizzare il carico variabile generale con opzione Uso per carico di superficie o Uso per carico in proiezione.

Definizione dei carichi generici

Se è necessario utilizzare dei casi di carico del tipo non automatico, la definizione delle azioni avviene applicando agli elementi strutturali e/o ai nodi le azioni di tipo generico scelte che è possibile definire all'interno della *Tabella dei carichi generici*, attivabile con il comando **Dati di carico ► Carichi generici**.

Per la generazione dell'archivio dei carichi generici da inserire nei casi di carico non automatici è necessario operare nel seguente modo:

- 1. Accedere alla tabella con il comando **Dati di carico ► Carichi** generici
- 2. Fare doppio clic sul caso di carico di interesse
- 3. Cliccare su *Applica* per confermare l'inserimento del caso di carico

se necessario:

- 4. Avanzare di una posizione con l'apposito contatore
 - 5. Inserire un ulteriore caso di carico e confermare l'inserimento con Applica
 - Una volta introdotti i dati relativi al carico è necessario cliccare sul comando *Applica* per confermare le modifiche. **Se non si utilizza il comando** *Applica* il carico non verrà definito.

Sono previsti i seguenti tipi di carico:

Carico nodale: consente di definire un carico concentrato in un nodo. Per definire un carico appartenente a questa tipologia è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per accedere alla finestra *Carico nodale* in cui inserire le componenti delle forze e delle coppie nel sistema di riferimento assoluto.

Tabella dei carichi g	enerici		×
📌 🇳 🤜		\checkmark	
💐 🕅 🔶	*		
Carico generico corre	nte		
tamponature			
Copia	Incolla	1	•
Applica	Annulla	Elimi	na



Spostamento impresso: consente di definire una traslazione od imprimere una rotazione ad un vincolo. Per definire un carico appartenente a questa categoria è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per accedere alla finestra Spostamento impresso in cui inserire le componenti degli spostamenti e delle rotazioni nel sistema di riferimento assoluto.

N.B. Lo spostamento nodale impresso ha effetto solo su nodi vincolati rigidamente.

Carico distribuito globale: consente di definire un carico distribuito concorde con il sistema di riferimento globale su un elemento D2 o su parte di esso. Per definire un carico appartenente a questa tipologia è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per accedere alla finestra Carico distribuito globale in cui inserire le componenti delle forze e delle coppie distribuite nel sistema di riferimento assoluto:

- carico Fxi = valore iniziale del carico distribuito in direzione X
- *carico Fxf* = valore finale del carico distribuito in direzione X
- carico Fyi = valore iniziale del carico distribuito in direzione Y
- *carico Fyf* = valore finale del carico distribuito in direzione Y
- carico Fzi = valore iniziale del carico distribuito in direzione Z
- *carico Fzf* = valore finale del carico distribuito in direzione Z
- momento Mxi = valore iniziale della coppia distribuita in direzione X
- *momento Mxf* = valore finale della coppia distribuita in direzione X
- *momento Myi* = valore iniziale della coppia distribuita in direzione Y
- momento Myf = valore finale della coppia distribuita in direzione Y
- momento Mzi = valore iniziale della coppia distribuita in direzione Z
- momento Mzf = valore finale della coppia distribuita in direzione Z
- ascissa iniziale = distanza del punto d'inizio del carico dal nodo iniziale dell'elemento D2 (per definire il carico su una porzione limitata dell'elemento D2)
- ascissa finale = distanza del punto di termine del carico dal nodo iniziale dell'elemento D2 (per definire il carico su una porzione limitata dell'elemento D2)



Carico distribuito locale: consente di definire un carico analogo al precedente ma solidale al sistema di riferimento locale 1, 2, 3:

- carico F1i = valore iniziale del carico distribuito in direzione dell'asse locale 1
- carico F1f = valore finale del carico distribuito in direzione dell'asse locale 1
- carico F2i = valore iniziale del carico distribuito in direzione dell'asse locale 2
- *carico F2f* = valore finale del carico distribuito in direzione dell'asse locale 2
- *carico F3i* = valore iniziale del carico distribuito in direzione dell'asse locale 3
- *carico F3f* = valore finale del carico distribuito in direzione dell'asse locale 3
- momento M1i = valore iniziale della coppia distribuita in direzione dell'asse locale 1
- momento M1f = valore finale della coppia distribuita in direzione dell'asse locale 1
- momento M2i = valore iniziale della coppia distribuita in direzione dell'asse locale 2
- momento M2f = valore finale della coppia distribuita in direzione dell'asse locale 2
- momento M3i = valore iniziale della coppia distribuita in direzione dell'asse locale 3
- momento M3f = valore finale della coppia distribuita in direzione dell'asse locale 3
- ascissa iniziale = distanza del punto d'inizio del carico dal nodo iniziale dell'elemento D2 (per definire il carico su una porzione limitata dell'elemento D2)
- ascissa finale = distanza del punto di termine del carico dal nodo iniziale dell'elemento D2 (per definire il carico su una porzione limitata dell'elemento D2)



Carico concentrato globale: consente di definire un carico concentrato in un punto qualsiasi di un elemento D2. Per definire un carico appartenente a questa tipologia è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per accedere alla finestra *Carico concentrato globale* in cui inserire le componenti delle forze e delle coppie concentrate applicate lungo l'asse della trave nel sistema di riferimento assoluto:

- carico Fx = valore del carico concentrato in direzione X
- carico Fy = valore del carico concentrato in direzione Y
- carico Fz = valore del carico concentrato in direzione Z
- momento Mx = valore della coppia concentrata in direzione X
- *momento My* = valore della coppia concentrata in direzione Y
- *momento Mz* = valore della coppia concentrata in direzione Z
- ascissa = distanza del punto di applicazione del carico dal nodo iniziale dell'elemento D2



Carico concentrato locale: consente di definire un carico analogo al precedente ma solidale al sistema di riferimento locale 1, 2, 3:

- carico F1 = valore del carico concentrato in direzione 1
- carico F2 = valore del carico concentrato in direzione 2
- carico F3 = valore del carico concentrato in direzione 3
- *momento M1* = valore della coppia concentrata in direzione 1
- *momento M2* = valore della coppia concentrata in direzione 2
- *momento M3* = valore della coppia concentrata in direzione 3
- ascissa = distanza del punto di applicazione del carico dal nodo iniziale dell'elemento D2



Carico termico D2: consente di applicare una variazione termica concentrata o "a farfalla" su un elemento D2. Per definire un carico di questa tipologia è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per far apparire la finestra *Carico termico D2* in cui inserire le componenti del carico termico:

- DT iniziale = differenza di temperatura nel nodo iniziale dell'elemento D2
- DT finale = differenza di temperatura nel nodo finale dell'elemento D2
- *DT 2- 2+ ini =* differenza di temperatura nel nodo iniziale dell'elemento D2, con andamento a farfalla in direzione locale 2- 2+
- *DT 2- 2+ fin =* differenza di temperatura nel nodo finale dell'elemento D2, con andamento a farfalla in direzione locale 2- 2+
- *DT 3- 3+ ini =* differenza di temperatura nel nodo iniziale dell'elemento D2, con andamento a farfalla in direzione locale 3- 3+
- *DT* 3- 3+ *fin* = differenza di temperatura nel nodo finale dell'elemento D2, con andamento a farfalla in direzione locale 3- 3+
- *DT uniforme* = differenza di temperatura uniforme lungo l'elemento D2

Il carico termico con segno negativo rappresenta una contrazione, il carico termico con segno positivo rappresenta una dilatazione; i valori inseriti devono essere espressi in gradi Celsius.

Carico di pressione uniforme: consente di applicare una carico di pressione costante sugli elementi D3. Per definire un carico di questa tipologia è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per far apparire la finestra *Carico pressione uniforme* in cui inserire il valore del carico di pressione, ed il riferimento:

- *Pressione* = valore della pressione espressa in daN/cmq o unità congruenti
- x riferimento; y riferimento; z riferimento. = coordinate del punto di riferimento. Il punto di riferimento è necessario per definire il verso della pressione: se il valore della pressione è positivo la pressione sarà uscente dal punto di riferimento e diretta verso gli elementi caricati; se il valore della pressione è negativo la pressione sarà diretta verso il punto di riferimento (si veda figure successive).

Il carico di pressione è sempre diretto perpendicolarmente all'elemento D3 caricato; il verso è definito mediante il segno della pressione ed il punto di riferimento



Il carico di pressione è sempre diretto perpendicolarmente all'elemento D3 caricato; il verso è definito mediante il segno della pressione ed il punto di riferimento (si veda figura).



Carico di pressione variabile: consente di applicare una carico di pressione variabile sugli elementi D3. Per definire un carico di questa tipologia è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per far apparire la finestra *Carico pressione variabile* in cui inserire i valori del carico di pressione:

- pressione pi = valore della pressione nel punto iniziale espressa in daN/cmq o unità congruenti
- pressione pf = valore della pressione nel punto finale espressa in daN/cmq o unità congruenti
- *quota qi* = valore della quota del punto iniziale
- quota qf = valore della quota del punto finale
- x riferimento; y riferimento; z riferimento = se il valore della pressione è positivo la pressione sarà uscente dal punto di riferimento e diretta verso gli elementi caricati; se il valore della pressione è negativo la pressione sarà diretta verso il punto di riferimento (si veda figure successive).



Attenzione: i carichi di pressione, sia uniforme che variabile, non contribuiscono in nessun caso alla generazione delle masse sismiche. Se si vuole modellare un carico che faccia massa sismica è necessario utilizzare il carico variabile generale con opzione Uso per carico di superficie o Uso per carico in proiezione.

Carico termico D3: consente di applicare una variazione termica sugli elementi D3. Per definire un carico di questa tipologia è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per far apparire la finestra *Carico termico D3* in cui inserire le componenti del carico termico:

- *DT uniforme* = differenza di temperatura uniforme su tutto l'elemento
- *DT* 3- 3+= differenza di temperatura tra la faccia traslata del semispessore in direzione 3+ e la faccia traslata del semispessore in direzione 3- dell'elemento D3

Se la differenza di temperatura è positiva, la temperatura aumenta passando dal lato 3- al lato 3+; i valori inseriti devono essere espressi in gradi centigradi.



Carico variabile generale: il carico variabile generale permette l'applicazione di un carico distribuito ad uno o più elementi guscio, parete, trave o pilastro. La variazione del carico, che può avvenire parallelamente ad una delle direzioni indicate dagli assi del sistema di riferimento globale X, Y e Z oppure in direzione radiale, è assegnata mediante una funzione definita per tratti all'interno dei quali il carico varia linearmente.

Carico variabile generale		×
Carico variabile generale Stringa identificativa carico generico Direzione ascissa Var.x-x Var. y-y Var. radiale Valore Q uniforme = 1D Ascissa Valore Q	Dati di carico Qx Qy Qz Uso per pressione Uso per carico di superficie Uso per carico in proiezione Uso per carico lineare Dimensione per elementi D2 Per carico di pressione: Q x di riferimento Q y di riferimento Q z di riferimento Elementi Solido e D3 (carico lineare): utilizzare https://www.superscriptscom Elementi Solido e D3 (carico lineare): utilizzare https://www.superscriptscom Valore O:	Andamento angolare (per Var. z-z) Adotta serie di Fourier
inserisci riga rimuovi riga reset	F/L uso per carico lineare F/L2 altri usi Unità in uso: daN,cm,gradi	OK Annulla

Direzione ascissa

Permette di definire la direzione di variazione del carico, lungo questa direzione sono definite le ascisse:

Var. x-x = il carico varia in direzione parallela all'asse globale x-x*Var.* y-y = il carico varia in direzione parallela all'asse globale y-y*Var.* z-z = il carico varia in direzione parallela all'asse globale z-z*Var.* radiale = il carico varia in direzione radiale rispetto alla prima ascissa assegnata

Valore Q uniforme = consente di inserire un carico uniforme indipendentemente dal valore delle ascisse



Parametri di definizione della funzione di carico

Permette la definizione della funzione di carico discretizzata per tratti con carico variabile linearmente:

n. = numero del punto della funzione di carico

ascissa = ascissa del punto della funzione di carico nella direzione specificata in *Direzione ascissa* valore Q = valore del carico in corrispondenza del punto avente l'ascissa definita. Nel caso di carico di pressione, superficie o in proiezione si deve assegnare un carico per unità di superficie, ovvero in daN/cmq o unità di misura congruenti; nel caso di carico lineare si deve assegnare un carico per unità di lunghezza ovvero daN/cm o unità di misura congruenti

Contatore dei punti della funzione di carico = consente di aggiungere o rimuovere punti alla funzione di carico.

Se la funzione di carico ha una discontinuità, per tenerne conto con il carico variabile generale, è sufficiente definire due punti con la stessa ascissa ma con differenti valori del carico.

Di seguito è riportato un esempio di funzione di carico e il carico relativo:

Carico v	ariabile general	e		×	
Stringa identificativa			Dati di carico	Andamento angolare (per Var. z-z)	
			⊂Qx ⊂Qy €Qz	Adotta serie di Fourier	
1			Uso per pressione	0 x centro	
Direzior	ne ascissa	_	C Uso per carico di superficie		
• Var.	x-x 🔿 Var.	y-y 🔿 Var. z-z	O Uso per carico in proiezione	0 y centro	
C Var.	radiale		C Uso per carico lineare	,	
			0 Dimensione per	0 Angolo di ingresso	
Valo	re Q uniforme =	0	l elementi D2	I (fase)	
			Per carico di pressione:		
ID	Ascissa	Valore Q	0 x di riferimento	0 cf 0	
n. 1	-140.00	0.10	0 v di riferimente	, o fi	
n. 2	0.00	1.00	y di menmento	о ст ст	z
n. 3	0.00	1.00	0 z di riferimento	0 cf 2	
n. 4	100.00	1.50	1		
n. 5	100.00	1.50	Elementi Solido e D3 (carico lineare):	0 cf 3	
n. 6	200.00	2.00	utilizzare <aiuto d3="" e="" per="" solidi=""></aiuto>		. * * * * * * * * * * *
n. 7	200.00	2.00	addizen el sona la per bollar el boy	o cf 4	
n. 8	700.00	4.00	Valore Q:		
			F/L uso per carico lineare		
,			F/L2 altri usi		
inserisci	riga rimuovi	riga reset	Unità in uso: daN,cm,gradi	OK Annulla	

Dati di carico

Permette la definizione della direzione d'azione del carico e della tipologia di carico da utilizzare

Qx = direzione del carico parallela all'asse globale x-x

- Qy = direzione del carico parallela all'asse globale y-y
- Qz = direzione del carico parallela all'asse globale z-z

Uso per pressione	 Permette di applicare agli elementi un carico di tipo pressione, distribuito e con direzione perpendicolare agli elementi stessi. Questo carico non partecipa alla definizione delle masse sismiche. La definizione del verso del carico tipo pressione avviene mediante la definizione del punto di riferimento della pressione Esempio di utilizzo: Carico da vento applicato a travi o pareti Carico di pressione che non genera masse sismiche
Uso per carico di superficie	 Permette di applicare agli elementi un carico di tipo superficie, distribuito e con direzione assegnata (Qx, Qy, Qz) parallela agli assi del sistema di riferimento globale. Esempio di utilizzo: Carico permanente su elementi strutturali Carico accidentale su elementi strutturali Carichi di pressione che generano masse sismiche
Uso per carico in proiezione	Permette di applicare agli elementi un carico in proiezione, distribuito sulla lunghezza in proiezione e con direzione assegnata (Qx, Qy, Qz) parallela agli assi del sistema di riferimento globale. Esempio di utilizzo: - Carico accidentale applicato ad una scala - Carico da neve su una copertura

Uso per carico lineare	Permette di applicare agli elementi D3 un carico distribuito lineare. Il carico è definito mediante una funzione ed <u>applicato alla fascia d'elementi su cui esso insiste</u> . Il carico distribuito lineare è scomposto dal programma e trasformato in carichi nodali
	applicati ai nodi superiori dell'elemento D3.
	il valore assegnato nelle caselle <i>valore</i> è un carico per unità di lunghezza (daN/cm oppure unità di misura congruenti).
	Ogni elemento D3 può essere caricato solo su un lato.
	Per la definizione del lato su cui applicare il carico, è possibile fare uso del comando <i>Aiuto per carico solidi e D3</i> .
	Esempio di utilizzo:
5.	Applicazione ad una parete di c.a. dei carico proveniente da una parete sovrastante in laterizio.

Dimensione per elementi D2 = larghezza dell'elemento D2, necessaria per convertire il carico distribuito su superficie in carico distribuito su elementi D2. Questa opzione permette di trasformare il carico distribuito superficiale di carichi tipo pressione, superficie o proiezione in carico distribuito lineare. La trasformazione è realizzata mediante la valutazione della larghezza della faccia dell'elemento D2 su cui incide il carico. Nel caso si desideri applicare all'elemento D2 un carico relativo ad una larghezza di competenza (per esempio volendo ripartire un carico da vento per applicarlo a dei pilastri considerando che il carico agisce su una superficie di larghezza pari all'interasse dei pilastri) è sufficiente assegnare come dimensione dell'elemento D2 il valore della larghezza su cui calcolare il carico. Il valore della larghezza consente di trasformare il carico di pressione (espresso in daN/cmq o unità di misura congruenti).

Per carico di pressione = permette di definire il verso del carico di tipo pressione. Il carico di tipo pressione è sempre perpendicolare all'elemento caricato; il verso è stabilito a partire dal punto di riferimento:

x di riferimento = coordinata x del punto di riferimento

y di riferimento = coordinata y del punto di riferimento

z di riferimento = coordinata z del punto di riferimento

Se il valore della pressione è **positivo** la pressione sarà uscente dal punto di riferimento e diretta verso gli elementi caricati; se il valore della pressione è **negativo** la pressione sarà diretta verso il punto di riferimento

Andamento angolare (per Var. z-z)

Consente di applicare un carico con variazione lungo l'ascissa z-z utilizzando la serie di Fourier. Con riferimento alla figura riportata sotto (tratta dalla circolare 617/2009):



I parametri da inserire in *PRO_SAP* per definire il carico sono i seguenti:

- X centro: coordinata X del centro della circonferenza
- Y centro: coordinata Y del centro della circonferenza
- Angolo di ingresso (fase): l'angolo tra la normale alla parete e la direzione del carico
- cf0, cf1, ecc...: i valori dei coefficienti della serie di Fourier

Utilizzo del Carico variabile generale per la definizione delle masse sismiche

Nel caso sia necessario applicare a degli elementi D3 un carico che generi massa sismica si deve utilizzare il *carico variabile generale*.

Esempio 1 – Carico accidentale su solaio

Si consideri un solaio modellato con elementi D3 sul quale si deve applicare un carico accidentale di 200 daN/mq = 0.02 daN/cmq che deve partecipare al computo delle masse sismiche.

Carico variabile generale		×	
Stringa identificativa carico generico Direzione ascissa Var.x-x Var. y-y Var. radiale Valore Q ID Ascissa Valore Q ID Ascissa Valore Q inserisci riga rimuovi riga reset	Dati di carico $\bigcirc Qx \bigcirc Qy \bigcirc Qz$ $\bigcirc Uso per pressione$ $\bigcirc Uso per carico di superficie$ $\bigcirc Uso per carico in proiezione$ $\bigcirc Uso per carico lineare$ $\boxed{0}$ Dimensione per $\boxed{0}$ Dimensione per $\boxed{0}$ Per carico di pressione: $\boxed{0}$ x di riferimento $\boxed{0}$ y di riferimento $\boxed{0}$ z di r	Andamento angolare (per Var. z-z) Adotta serie di Fourier 0 x centro 0 y centro 0 Angolo di ingresso 0 cf 0 0 cf 1 0 cf 2 0 cf 3 0 cf 4	<i>Direzione ascissa</i> Valore Q uniforme = -0.02 daN/cmq <i>Dati di carico</i> Qz; Uso per carico di superficie

Esempio 2 - Uso del carico variabile generale per l'applicazione di un carico che generi massa sismica.

Per inserire un carico che generi massa sismica su una parete verticale è necessario creare un carico di superficie.

L'applicazione della massa avviene tramite l'applicazione di un carico verticale di superficie:





Sievenik Soldo o Dis (Janos Wedant) eliszane Hauto per Sold e 20+

Unita n'use dalli kugala

Valow D Fill, two per cents theree Fills affirest

noverso alter autornation alter teases

નગ

10.0

01

Arroba

\$

4₽

Carico di pressione impronta: consente di applicare un carico da impronta agli elementi D3. Per definire un carico appartenente a questa tipologia è necessario fare doppio clic sull'icona del carico per far apparire la finestra *Gruppo di carichi con impronta* in cui inserire i dati per la generazione del carico:

- *carico Fz* = valore della forza totale dell'impronta espresso in daN o unità di misura congruenti
- *x centro Fz0, y centro Fz0* = coordinate del punto di centro dell'impronta nel sistema di riferimento globale X,Y,Z
- *dimensione dx, dimensione dy* = dimensione dell'impronta in direzione x e y

- *interasse DX, interasse DY* = distanza tra due impronte successive in direzione x e y
- ripetizioni in X, ripetizioni in Y = numero di impronte in direzione x e y

Il carico è diretto lungo z e ripartito automaticamente tra i nodi degli elementi che sono interessati dall'impronta di carico.

Applicazione dei carichi generici alla struttura

Nel caso in cui siano statii definiti casi di carico di tipo non automatico, è necessario definire ed applicare manualmente i carichi generici per considerare le azioni agenti sulla struttura.

In particolare è possibile assegnare tipologie di carichi generici che agiscono sui seguenti elementi: Nodi, elementi D2, elementi D3, elementi Solidi, elementi Pannello.

Non è possibile applicare carichi generici agli elementi solaio, ma solo carichi di tipo automatico provenienti direttamente dall'archivio di carico Solai e coperture

Per eseguire queste operazioni il programma mette a disposizione la *Tabella dei carichi applicabili*. In analogia a quanto previsto nel contesto di *Introduzione dati* per l'assegnazione delle proprietà agli elementi strutturali, nel contesto di *Assegnazione carichi* è possibile definire il riferimento corrente, oppure il carico ed il caso di carico correnti.

La Tabella dei carichi applicabili si compone dei seguenti elementi:

- menu a tendina dei carichi generici
- menu a tendina dei casi di carico
- elenco di tutti i carichi generici definiti
- elenco di tutti i casi di carico non automatici definiti
- comando Applica
- comando Annulla
- comando Setta Riferimento

Somn	na Carico	
Somn	na Riferimento	
Asseg	gna Riferimento	
Cance	ella Carico	
Cance	ella Carichi	
Cance	ella Riferimento	
Cance	ella Casi di Carico	
Setta	Riferimento	

Tabella dei carichi applicabili		- 🗆 X
[2] ETK PAN ++	•	[10] CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV verso pos. alfa=0.0
[2] ETK PAN ++ [3] ETK PAN [4] Spinta terreno statica		Etr [10] CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV verso pos. alfa=0.0 Etr [11] CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV verso neg. alfa=0.0 Etr [12] CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV verso pos. alfa=90.00 Etr [13] CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV verso neg. alfa=90.00 Etr [13] CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV verso neg. alfa=90.00 Etr [13] CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV verso neg. alfa=90.00 Ctr [15] CDC=Etk Spinta terreno statica
Applica	Annulla	Setta Riferimento

Oltre alla tabella dei carichi applicabili, per assegnare i carichi agli elementi strutturali è necessario usare il menu a cursore a cui è possibile accedere cliccando con il tasto destro del mouse all'interno della finestra grafica di *PRO_SAP*. Il menu a cursore contiene i seguenti comandi:

- Somma Carico Consente di aggiungere il carico corrente memorizzato nel riferimento ai carichi già presenti negli elementi strutturali
- Somma Riferimento Consente di aggiungere l'intero riferimento ai carichi già presenti negli elementi strutturali
- Assegna Riferimento Consente di sostituire i carichi presenti negli elementi strutturali con quelli memorizzati nel riferimento
- Cancella Carico Consente di rimuovere il carico corrente del riferimento da quelli presenti negli elementi strutturali selezionati
- Cancella Carichi Consente di eliminare tutti i carichi presenti negli elementi strutturali selezionati
- Cancella Riferimento Consente di eliminare i carichi memorizzati nel riferimento dagli elementi strutturali selezionati
- Cancella Casi di Carico Consente di svuotare i casi di carico per gli elementi strutturali selezionati
- Setta Riferimento Permette di definire il riferimento.

L'assegnazione dei carichi agli elementi strutturali può essere eseguita con differenti modalità in base alla quantità ed alla tipologia di carichi da applicare ed in base alle preferenze dell'utente. Di seguito sono riportate le differenti modalità di definizione del riferimento e di assegnazione dei carichi.

Aggiungere un carico su uno o più elementi strutturali

Per assegnare ad uno o più elementi strutturali un Carico generico è necessario seguire questa procedura:

- 1. Selezionare uno o più oggetti, anche di differente tipologia, su cui si desidera applicare il carico
- 2. Cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica di *PRO_SAP* per far comparire il menu a cursore
- 3. Usare il comando Setta Riferimento per accedere alla Tabella dei carichi applicabili
- 4. All'interno della *Tabella dei carichi applicabili* definire nel menu a tendina dei carichi generici il carico che si vuole applicare agli elementi strutturali e trascinarlo all'interno del caso di carico non automatico nella parte destra della *Tabella dei carichi applicabili*
- 5. Chiudere la Tabella dei carichi applicabili
- 6. Cliccare con il tasto destro del mouse all'interno della finestra grafica di *PRO_SAP* per visualizzare il menu a cursore
- 7. Usare il comando *Somma Carico* per aggiungere il carico memorizzato nel riferimento a quelli eventualmente già presenti sugli elementi strutturali selezionati

Assegnare ad uno o più elementi di tipologia omogenea carichi presenti su un altro elemento strutturale

Per assegnare ad un elemento strutturale un carico assegnato ad un altro elemento strutturale è necessario seguire questa procedura:

- 1. Attivare il comando Setta Riferimento
- 2. Cliccare con il mouse sull'oggetto di cui si vuole acquisire i carichi nel riferimento; verrà visualizzata la *Tabella dei carichi applicabili* che riporta assegnati all'elemento selezionato
- 3. Chiudere la Tabella dei carichi applicabili
- 4. Selezionare uno o più oggetti a cui assegnare i carichi
- 5. Cliccare con il tasto destro del mouse all'interno della finestra grafica di *PRO_SAP* per attivare il menu a cursore
- 6. Usare uno dei comandi previsti per assegnare i carichi del riferimento agli elementi selezionati

Assegnare più carichi ad un singolo elemento strutturale

Nel caso in cui si desideri assegnare o modificare i carichi di un singolo elemento strutturale seguire questa procedura:

- 1. Premere il pulsante Edita proprietà
- 2. Cliccare con il mouse sull'elemento strutturale a cui si vogliono assegnare i carichi, in questo modo si aprirà la *Tabella dei carichi applicabili* contenente il riferimento dell'oggetto in esame
- 3. Assegnare i carichi all'elemento trascinando il carico che si vuole assegnare prendendolo dall'elenco dei carichi generici nella parte sinistra all'interno del caso di carico non automatico nella parte destra della *Tabella dei carichi applicabili.*
- 4. Per eliminare un carico già assegnato è sufficiente prelevarlo dal caso di carico che lo contiene e trascinarlo fuori dalla *Tabella dei carichi applicabili*.
- 5. Cliccare su *Applica* per confermare le modifiche

Assegnare nuovi carichi a più elementi strutturali di tipologia omogenea

Nel caso in cui si desideri assegnare o modificare i carichi di un più elementi strutturali di tipologia omogenea (solo nodi, solo D2, ecc...) contemporaneamente seguire questa procedura:

- 1. Selezionare (con un comando di selezione qualsiasi) tutti gli elementi strutturali di interesse
- 2. Premere il pulsante Edita proprietà
- 3. Cliccare con il mouse su uno qualsiasi degli elementi selezionati per accedere alla *Tabella dei carichi applicabili* contenente il riferimento dell'oggetto in esame
- 4. Assegnare i carichi all'elemento trascinando il carico che si vuole assegnare prendendolo dall'elenco dei carichi generici nella parte sinistra all'interno del caso di carico non automatico nella parte destra della *Tabella dei carichi applicabili*. Per eliminare un carico già assegnato è sufficiente prelevarlo dal caso di carico che lo contiene e trascinarlo fuori dalla *Tabella dei carichi applicabili*.
- 5. Cliccare su Applica per confermare le modifiche
- 6. Cliccare sul comando *Setta riferimento* per memorizzare i carichi assegnati all'elemento nel riferimento corrente
- 7. Chiudere la tabella dei carichi applicabili
- 8. Cliccare con il tasto destro del mouse nella finestra grafica di *PRO_SAP* per aprire il menu a cursore contenente i comandi per applicare i carichi agli elementi
- 9. Usare uno dei comandi previsti per assegnare i carichi del riferimento agli elementi selezionati

Applicazione della spinta dovuta al terreno

Nel caso si stia progettando una struttura con dei piani interrati è necessario considerare il carico dovuto alla spinta del terreno sui muri contro terra (che nel seguito chiameremo spinta a riposo). Nel caso sia necessario considerare nel calcolo l'azione sismica si deve aggiungere anche un ulteriore contributo calcolato supponendo il terreno in stato di equilibrio limite attivo (Mononobe-Okabe). Il riferimento normativo per questi carichi è il §7.11.6.2.1 del DM2018.

Il valore della spinta nel caso statico e nel caso sismico possono essere calcolati con il software *PRO_MST Progetto muri di sostegno* oppure, nel caso non si abbia a disposizione il software, con un calcolo manuale.

Una volta determinato il valore della spinta del terreno, *PRO_SAP* dispone di alcuni automatismi per agevolare l'applicazione di questo carico alla struttura.

Casi di carico

- un caso di carico permanente generico Gk per la spinta a riposo
- dei casi di carico Etk per le sovraspinte di Mononobe-Okabe in condizioni sismiche. È necessario un caso di carico Etk per ogni caso di carico sismico Esk od Edk presente nella Tabella dei casi di carico



Nel caso si vogliano sfruttare gli automatismi per l'applicazione del carico della spinta del terreno agli elementi pannello e D3 è sufficiente definire solo il caso di carico Gk per la spinta a riposo; non è necessario definire i casi di carico Etk che saranno definiti automaticamente da *PRO SAP*.

Casi di carico sismici

- per il caso di carico Gk della spinta a riposo imporre che la spinta del terreno non faccia massa sismica ponendo tutti i coefficienti nulli (questa operazione è superflua se si usano dei carichi di pressione)
- i casi di carico Etk sono automaticamente esclusi dal computo delle masse sismiche, perciò non è richiesta nessuna introduzione di dati da parte dell'utente

Carichi generici

Visto che la spinta del terreno è un carico che non deve mai fare massa sismica, è possibile utilizzare in entrambi i casi dei semplici carichi di pressione, variabile od uniforme a seconda dei casi.

Nel caso si vogliano sfruttare gli automatismi per l'applicazione del carico della spinta del terreno agli elementi pannello e D3 per la definizione dei carichi generici fare riferimento al paragrafo successivo.

Combinazioni

Per la generazione delle combinazioni di calcolo non sono richiesti interventi da parte dell'utente perché il programma dispone di alcuni automatismi:

- Nelle combinazioni statiche i casi di carico Etk non sono mai presenti
- Nelle combinazioni sismiche la spinta del terreno in una determinata direzione agisce solamente quando agisce il sisma nella stessa direzione

Applicazione automatica del carico della spinta del terreno agli elementi pannello e D3

Se nel modello sono stati inseriti degli elementi tipo pannello oppure ci sono dei setti modellati con elementi D3 è possibile sfruttare alcuni automatismi per l'assegnazione del carico della spinta del terreno alla struttura nei casi di carico Etk.

Per sfruttare gli automatismi è necessario seguire questa procedura:

 Definire il carico della spinta del terreno nella *Tabella dei carichi generici*. È possibile usare il carico di pressione per definire questo carico in quanto la spinta del terreno non fa massa sismica. Sono necessari due carichi generici di pressione, uno per la spinta in direzione positiva, ed uno per la spinta in direzione negativa:

Tabella dei carichi generici X	Tabella dei carichi generici X
& & < < < < <	\$* \$* \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$ \$
💐 🔊 🗇 🍄	💐 🕅 🔷 🖑
Carico generico corrente	Carico generico corrente
Copia Incolla 5 🔹	Copia Incolla 6 🔹
Applica Annulla Elimina	Applica Annulla Elimina



Perchè l'automatismo funzioni correttamente: Il carico in direzione positiva deve essere chiamato ETK PAN ++ Il carico in direzione negativa deve essere chiamato ETK PAN --

- 2. Usare il comando Casi di carico: aiuti per accedere alla finestra Casi di carico Aiuto per la gestione
- 3. Aggiungere i casi di carico Incremento di spinta del terreno dovuto al sisma: Etk con l'apposito comando. Il programma chiederà all'utente se desidera che la spinta del terreno venga automaticamente assegnata agli elementi pannello e D3 visibili. Selezionando questa opzione il programma applicherà i carichi della spinta del terreno nei casi di carico Etk definendo automaticamente la spinta del terreno sui pannelli sia in direzione X che in direzione Y

IGIUNGI	RIMUOVA	
Azieri fipiche auglis dilici Byk + Gok + Qok + Qok + Ek	Turi	
Pesipiopi con carichi salai e coperture: Egik + Esik + Bok + Onik	Pesi propi con carichi ecial e copertura: Ggk + Gik + Gik + Bri	
S clesidera che il programm Pannello visibili?	w applichi carichi agli elementi D3 e	
S clesidera che il programm Pannello visibili?	u applichi carichi agli elementi D3 e	
Si clesidera che il programm Pannello visibili? Azoni pensoreni genes che: Gk	sa applichi carichi agli alementi D3 e 	
Si clesidera che il programm Pannello visibili? Azoni pensarenti genesche: Gk Adori variabili genesche: Qi	se applichi canchi agli elementi D3 e 51 No Acioni pemanoni generiche: Gi. Acioni vasabil gerenche: Dic	

Il comando applica automaticamente il carico a tutti gli elementi D3 ed a tutti i pannelli visibili. Se il carico non va applicato ad alcuni elementi è necessario nasconderli prima di accedere alla finestra *Casi di carico – Aiuto per la gestione*.

Applicazione automatica del carico da vento agli elementi pannello e D3

Se nel modello sono stati inseriti degli elementi tipo pannello oppure ci sono dei setti modellati con elementi D3 è possibile sfruttare alcuni automatismi per l'assegnazione del carico del vento alla struttura nei casi di carico Qvk.

Per sfruttare gli automatismi è necessario seguire questa procedura:

1. Definire il carico del vento nella *Tabella dei carichi generici*. Si può calcolare l'entità del carico da vento con il comando *Azioni sulla costruzione*. È possibile usare il carico di pressione per definire questo carico in quanto il vento non fa massa sismica. Sono necessari due carichi generici di pressione, uno per il vento in direzione positiva, ed uno per il vento in direzione negativa:

Tabella dei carichi generici X	Tabella dei carichi generici X
& & < < < < <	\$* \$* \$ \$ \$ \$
💐 🕅 🔷 🖑	💐 🕅 🔷 🖑
Carico generico corrente	Carico generico corrente
Copia Incolla 7 📫	Copia Incolla 8
Applica Annulla Elimina	Applica Annulla Elimina

Perchè l'automatismo funzioni correttamente: Il carico in direzione positiva deve essere chiamato QVK PAN ++ Il carico in direzione negativa deve essere chiamato QVK PAN --

La circolare 617 C.S.LL.PP in figura C3.3.3 impone di considerare due diversi coefficienti di forma: uno per le pareti sopravento ed uno per le pareti sottovento che, per la maggior parte delle strutture, è la metà del primo. Quando si definisce il carico del vento per i pannelli si deve moltiplicare la pressione del vento per il coefficiente di forma delle pareti sottovento: l'automatismo del programma riconosce le pareti sopravento e sottovento ed applica il carico due volte sulle pareti sopravento, una sola volta per le pareti sottovento

- 2. Usare il comando Casi di carico: aiuti per accedere alla finestra Casi di carico Aiuto per la gestione
- 3. Aggiungere i casi di carico Vento: Qvk con l'apposito comando. Il programma chiederà all'utente se desidera che il carico da vento venga automaticamente assegnato agli elementi pannello e D3 visibili. Selezionando questa opzione il programma applicherà i carichi da vento nei casi di carico Qvk definendo automaticamente la pressione del vento sui pannelli sia in direzione X che in direzione Y, riconoscendo le pareti sopravento e quelle sottovento.

Il comando applica automaticamente il carico a tutti gli elementi D3 ed a tutti i pannelli visibili. Se il carico non va applicato ad alcuni elementi è necessario nasconderli prima di accedere alla finestra *Casi di carico – Aiuto per la gestione*.

Applicazione dei carichi agli elementi solidi

Nel caso in cui nel modello siano presenti degli elementi solidi la gestione dei casi di carico e dei carichi generici è analoga a quanto avviene per le altre tipologie di elementi strutturali, come descritto nei paragrafi precedenti.

Data la particolare geometria degli elementi solidi, in alcuni casi può essere difficoltoso applicare loro i carichi, per questo motivo il programma mette a disposizione dell'utente alcuni aiuti per agevolare l'applicazione dei carichi ai solidi.

Usando il comando **Preferenze** ► **Opzioni elementi** ► **Aiuto per carico solidi e D3** è possibile attivare le opzioni di aiuto per l'applicazione dei carichi sui lati di elementi D3 e sulle facce di elementi solidi. L'attivazione del comando permette di selezionare e visualizzare il lato dell'elemento D3 o la faccia dell'elemento solido su cui applicare il carico. L'aiuto ha le seguenti funzioni:

- Nel caso degli elementi D3 consente di assegnare su uno dei lati un *Carico variabile generale* di tipo Uso per carico lineare.
- Nel caso degli elementi Solidi consente di applicare su una faccia un *Carico di pressione* o un *Carico di superficie*.

Per applicare un carico di pressione o di superficie su di una faccia dell'elemento solido è necessario seguire questa procedura:

- 1. Definire nella *Tabella dei carichi generici* il carico di pressione o di superficie da assegnare
- 2. Definire nella *Tabella dei casi di carico* il caso di carico che deve contenere il carico definito
- 3. Attivare gli aiuti con i comandi Preferenze > Opzioni elementi > Aiuto per carico solidi e D3
- 4. Selezionare gli elementi solidi a cui assegnare il carico
- 5. Attivare il comando *Modifica* ► *Aiuto per carico solidi e D3*: in seguito all'attivazione di questo comando viene selezionata e visualizzata in rosso una delle facce dell'elemento solido
- 6. Assegnare il carico all'elemento con il consueto procedimento.



Per l'applicazione agli elementi solidi dei carichi di pressione, è necessario evidenziare che il carico è applicato sulla faccia individuata dalle coordinate del punto di riferimento della pressione, con direzione perpendicolare alla faccia dell'elemento.

Per l'applicazione delle azioni definite mediante il carico variabile generale è necessario ricordare che:

- L'opzione Uso per pressione genera un carico con comportamento analogo a quelli descritti sopra
- Le opzioni Uso per carico di superficie e Uso per carico in proiezione generano un carico applicato all'elemento solido, avente direzione dell'asse globale di riferimento e verso definito dal segno del valore assegnato

Importa azioni da file

La funzione *Importa azioni da file* permette di creare un archivio di carichi generici convertendo il contenuto di un file di testo. Il comando per importare il file è **Dati di carico** ► **Importa carichi generici da file**. Questo comando mostra la finestra *Apri* che permette la selezione dei file con estensione *.*LDF*). È possibile creare il file di testo con un qualsiasi editor di testo (ad esempio il *Blocco note* di *Microsoft Windows*). Mediante il file di testo è possibile generare un archivio di carichi contenente uno o più carichi generici appartenenti ad una delle prime sette tipologie di carico all'interno della finestra dei *Carichi generici*.

Il file *.LDF deve avere la seguente formattazione:

- La *prima colonna* contiene l'etichetta dei carichi dell'archivio, da assegnare *prive di spazi e di* <u>caratteri speciali</u>
- La seconda colonna contiene un <u>codice</u> che indica la tipologia di carico:

1 Carico nodale	2 Spostamento impresso	3 Carico distribuito globale
4 Carico distribuito locale	5 Carico concentrato globale	6 Carico concentrato locale
7 Carico termico D2		

• Le colonne dalla *terza* alla *settima* rappresentano le componenti del carico:

per il Carico nodale

- 1. Forza Fx
- 2. Forza Fy
- 3. Forza Fz
- 4. Coppia Mx
- Coppia My
 Coppia Mz
- per lo Spostamento impresso
 - 1. Spostamento Tx
 - 2. Spostamento Ty
 - 3. Spostamento Tz
 - 4. Rotazione Mx
 - 5. Rotazione My
 - 6. Rotazione Mz

per il Carico distribuito globale (o Carico distribuito locale)

- 1. Carico Fxi (oppure carico F1i per il carico distribuito locale)
- 2. Carico Fyi (oppure carico F2i per il carico distribuito locale)
- 3. Carico Fzi (oppure carico F3i per il carico distribuito locale)
- 4. Momento Mxi (oppure momento M1i per il carico distribuito locale)
- 5. Momento Myi (oppure momento M2i per il carico distribuito locale)
- 6. Momento Mzi (oppure momento M3i per il carico distribuito locale)

E' possibile importare con questo metodo solo carichi uniformi agenti su tutto l'elemento D2. Nel caso fosse necessario definire un carico triangolare oppure un carico agente su parte dell'elemento è necessario inserire i restanti valori (ascissa iniziale, ascissa finale, carico Fxf, carico Fyf, ecc...) direttamente nella Tabella dei carichi generici dopo aver provveduto all'importazione del file *.LDF

per il Carico concentrato globale (o Carico concentrato locale)

- 1. Forza Fx (oppure forza F1 per il carico concentrato locale)
- 2. Forza Fy (oppure forza F2 per il carico concentrato locale)
- 3. Forza Fz (oppure forza F3 per il carico concentrato locale)
- 4. Coppia Mx (oppure coppia M1 per il carico concentrato locale)
- 5. Coppia My (oppure coppia M2 per il carico concentrato locale)
- 6. Coppia Mz (oppure coppia M3 per il carico concentrato locale)
- 7. Ascissa

per il Carico termico D2

- 1. DT iniziale
- 2. DT 2-2+ iniziale
- 3. DT 3-3+ iniziale
- 4. DT finale

- 5. DT 2-2+ finale
- 6. DT 3-3+ finale
- 7. DT uniforme

Di seguito si riporta un esempio di file *.LDF:

📑 calichitat - Blocco	note						- 0	×
File Modifica Form	ato V	licualizza 1						
Combinazione1	1	34.94	-7787.30	24.43	-105900.00	-30.95	-551900.00	6
Combinazione2	1	272.74	-9813.22	12.65	-95860.00	-16.46	-801000.00	6
Combinazione3	1	7.18	-4643.48	21.92	-90810.00	-24.83	-263900.00	5
Combinazione4	1	245.18	-6669.95	9.81	-80760.00	-10.03	-513000.00	£
Combinazione5	1	-68.37	-7746.16	28.70	-103900.00	-38.79	-543300.00	£ .
Combinazione6	1	98.35	-9164.03	20.48	-96850.00	-28.63	-717600.08	5
Combinazione7	1	-96.18	-4602.31	26.14	-88780.00	-32,63	-255300.00	jî –
Combinazione8	1	70,59	-6020.92	17.61	-81750.00	-22.21	-429700.08	5
Combinazione9	1	29.33	-6160.86	18.41	-80310.00	-23.70	-444900.00	1
Combinazione10	1	235.85	-7916.18	8.30	-71570.00	-11.15	-660700.00	£,
<								3

Importa/Esporta reazioni vincolari

Nel caso ci fosse l'esigenza di studiare gli elementi di fondazione separatamente dal modello della sovrastruttura oppure se si dovessero calcolare solo le fondazioni di un edificio calcolato da un altro professionista è possibile sfruttare le funzioni *Importa reazioni vincolari* ed *Esporta reazioni vincolari* per agevolare le operazioni di inserimento dei carichi sugli elementi strutturali sfruttando un file di testo con estensione Reaction Load Files (*.*RLC*)

Il file di testo viene esportato da *PRO_SAP* tramite il comando **Dati di carico ► Esporta reazioni vincolari** oppure può essere redatto con un qualunque editor di testo, ad esempio il *Blocco note* di *Windows*.

Per importare nel modello le reazioni vincolari esportate da un altro modello di *PRO_SAP* oppure da un file predisposto manualmente è necessario usare il comando **Dati di carico** ► **Importa reazioni vincolari**. Le reazioni vincolari presenti nel file *.*RLC* vengono automaticamente trasformate in carichi generici del tipo *Carico nodale* e vengono automaticamente applicate ai nodi degli elementi strutturali. Se necessario, il programma definisce automaticamente dei casi di carico per poter applicare le reazioni vincolari ai nodi della struttura.

Il file *.RLC può essere redatto in due diverse modalità:

File *.RLC con coordinate dei vincoli

- Nella prima colonna la coordinata X nel sistema di riferimento globale del nodo
- Nella seconda colonna la coordinata Y nel sistema di riferimento globale del nodo
- Nella terza colonna la coordinata Z nel sistema di riferimento globale del nodo
- Nella quarta colonna il numero della combinazione di carico
- Nella quinta colonna la forza Fx
- Nella sesta colonna la forza Fy
- Nella settima colonna la forza Fz
- Nell'ottava colonna la coppia Mx
- Nella nona colonna la coppia My
- Nella *decima colonna* la coppia Mz

File *.RLC con numero del nodo

- Nella prima colonna il numero del nodo nel quale va applicato il carico
- Nella seconda colonna il numero della combinazione di carico
- Nella *terza colonna* la forza Fx
- Nella quarta colonna la forza Fy
- Nella quinta colonna la forza Fz
- Nella sesta colonna la coppia Mx
- Nella settima colonna la coppia My
- Nell'ottava colonna la coppia Mz

Con i file *.*RLC* è possibile importare ed assegnare i carichi in nodi qualunque, anche nodi che non sono vincolati rigidamente o che non hanno assegnata la proprietà di fondazione.

Di seguito si riporta un esempio di file *.RLC con coordinate dei vincoli:

E section from the		- U	×
File Modifice Fermate Vesselane 7	When we have a sub-transferred we the cost of the state of	The second service and the second	
B.00000001000; B.00000001000; 0.0000001000;	1: -8.989805e+802; 4.142363e+801; -1.310513e+004;	-4.503685c+003; -6.610619c+004; -2.866055c+000	
0.800880a+800; 0.0880028+4888; 0.800880a+800;	2; -4.666520e+082; 3.200465e+001; -9.63701Be+003;	-3.505338++803; -2.564233++804; -2.634028++880	
2.000++000500.0 ; 050++050005.0 ; 000++000; 0	3; -7.589874e+002; 4.299305e+001; -1.325785e+001;	-4.695400++003; -5.172940++003; -3.125498++000	
0.0000031000: 0.00000041000; 0.0000031000;	41 -3.266598e19021 3.366487e18811 -9.790633e10831	-3.697845ev883; -1.126558ev884; -2.894862ev888	
0.800000a+800; 0.000000+000; 0.000000a+800;	5; -5,290961#+002; 4,135383#+001; -1,250449#+804;	-4.527215#+883; -2.682847#+884; -4.851828#+868	
0.0000000-0000; 0.000000-0000; 0.00000-000; 0	6: -9.676857e+001; 5.202075e+001; -9.857276e+001;	-3.525859#+005: 1.963539#+904: -5.818085#+000	
0.000005+000; 0.000000+000; 0.000000+000;	71 -7.471328e+9821 4.123695e+8831 -1.263565e+884:	-4-483873e+603; -5-532865e+604; -7:795127e+808	
8.000000a+000; 8.000000a+000; 0.00000a+000;	8: -3.548052e+802: 3.190797e+801: -9.169436e+803:	-3.4855170+083; -1.4864880+004; -2.5630920+008	
0.0000004+800; 0.008000e+006; 0.002800e+800;	9: -1.856955e+003; 4.870057e+801; -1.350245e+804;	-4.3298220+803; -1.6851920+885; 5.468065m-001	
\$.0000000+000; 0.000000+000; 0.000000+000;	18: -1.210512e+801; 1.137179e+081; -1.683522e+664;	+3.538660e+003; -1.208553e+005; 5.78001de-083	
g.00000002+000; 0.000000+000; 0.0000002+000;	111 -1.526965e+8031 4.226999e+8011 -1.365514e+804;	4.5287374+0031 -1.5414244+0051 8.5563954-002	
0.000000e+000; 8.000000e+000; 0.000000e+000;	12: -1.094638e+003: 3.294181e+001: -1.018793e+004:	-3.522381e+803; -1.136785e+805; 3.175998e-001	
0.000000a+000; 0.000000++000; 0.00000a+000;	13; -1.555111e+003; 4.051390e+001; -1.301395e+001;	-4.309209e+003; -1.577437e+805; 4.189345e-001	
9.000000e+000; 8.000000e+000; 0.000000e+000;	14: -1.122784e+903; 3.118492e+001; -9.566738e+003;	-3.30053e+003; -1.172778e+005; 6.405695e-001	
0.000000a+800; 0.000000a+000; 0.000000a+800;	15; -1.889061e+883; 4.814874e+881; -1.316666e+804;	-4.235109**003; -1.915168**005; 1.360416**000	
0.000000e+000; 0.000006e+000; 0.000000e+000;	16; -1.376733e+003; 5.081976e+001; -5.699446e+003;	-1.257/55e+005; -1.510530e+005; 1.534452e+000	
8.000000e+000; 0.000000e+000; 0.000000e+000;	17: -1.281226e+983; 3.305783e+882; -1.328675e+884;	1.864835e+885; 1.178568e+805; 2.717774e+892	
8.0000000.000; 8.000000.000; 0.00000.000;	181 -8.489982e+0021 3.213493e+0021 -9.819583e+0031	1.8548524-8851 -7.6592944-8841 2.7288944-892	
0.0002003e+000; 0.000020+000; 0.0002000e+000;	19: -1.341235e+005: 3.522477e+002: -1.543951e+004:	-1.065053a+805: -1.826088a+885: 2.715179a+892	
0.000++000500.0 ;000++00000;0 ;000++000;00	20; -7.009052e+002; 3.229100e+002; -9.972290e+003;	-1.855969++005; -6.221615++001; 2.717/92++002	
0.000000a+000; 0.000000a+000; 0.00000a+000;	211 -1.1693780+0031 3:384916++8021 -1.2818310+004:	-1.0638374+005: -1.0627934+005: 2.7184834+002	
0.000000+800; 0.000000+000; 0.00000+800;	22; -7.378585e+082; 3.211627e+882; -9.355181e+883;	-1.853854e+005; -6.581541e+604; 2.728084e+002	
0.0000000++000; 0.000000++000; 0.000000++000;	23; -1.165172e+003; 5.734450e+002; -1.202726e+004;	-1.783683++805; -1.857682++805; 4.536881++892	
8.000000e+008; 8.000000e+000; 0.000000e+000;	241 -7.338440e+0021 5.141160e+0021 -9.340053e+0031	-1.733619e+0051 -6.528230e+0041 4.539201e+002	
0.000560+800; 8.056005+4056; 0.005500+800;	25: -1.291208e+863: -2.483945e+002: -1.332396e+804:	9.749949++004; -1.106946++005; -1.384513++062	
0.800000a+000; 8.000000a+000; 0.800000a+000;	26; -6.580728e+002; -2.577290e+002; -D.856755e+005;	9.849785e+804; -7.823072e+804; -1.382192e+082	8.00
		Lines L calence 1	

Uso dei Casi di carico esterni (Fasi costruttive)

La funzione *Casi di carico esterni* permette di sovrapporre ai risultati ottenuti dall'analisi di un modello strutturale (nel seguito *principale*), quelli ottenuti da uno o più modelli analoghi (nel seguito *secondari*) aventi la medesima geometria del modello principale.

L'utilizzo della funzione realizza la sovrapposizione degli effetti permettendo la modellazione di fasi costruttive.

Tra il modello principale ed i modelli secondari possono variare solamente le seguenti proprietà:

- Proprietà dei materiali
- Tipologia di vincoli
- Tipologia di svincoli

Il trasferimento dei risultati dell'analisi dal modello secondario a quello principale avviene mediante la sovrapposizione dei singoli casi di carico; è quindi possibile sia derivare i casi di carico esterni da modelli distinti (ogni caso di carico può essere importato da modello secondario diverso) che derivare più casi di carico dallo stesso modello secondario.

Impostazione dei modelli principale e secondari

Per realizzare i modelli secondari è sufficiente salvare il modello principale con un nome diverso ed eseguire le modifiche necessarie.

Nel modello principale e nei modelli secondari gli archivi dei casi di carico devono essere predisposti in modo identico, pertanto in tutti i modelli i vari casi di carico devono trovarsi sempre nella stessa posizione della *Tabella dei casi di carico*. La sovrapposizione dei risultati avviene sostituendo il caso di carico del modello principale con il corrispondente caso di carico del modello secondario.

Attivazione della funzione

La funzione viene attivata con il comando **Dati di carico** > **Casi di carico esterni** che permette di accedere alla *Tabella dei casi di carico esterni*. Questa tabella riporta tutti i casi di carico presenti nel modello *principale* (e quindi anche nei modelli *secondari*) di cui è possibile ottenere la sostituzione ed i comandi necessari ad eseguire la procedura.

Perché la procedura vada a buona fine è necessario che siano state eseguite le analisi in tutti i modelli secondari che si desidera utilizzare.



Il comando **Dati di carico ► Casi di carico esterni** è attivo solamente dopo aver eseguito il comando **Contesto ► Check dati di carico.**

Per sostituire i casi di carico del modello principale con quelli dei modelli secondari è necessario:

- 1. Selezionare i casi di carico da sostituire
- 2. Usare il comando *Modifica* per indicare il modello secondario da cui derivare i casi di carico di interesse
- 3. Cliccare su Ok per confermare le modifiche e chiudere la Tabella dei casi di carico esterni
- 4. Salvare il file del modello principale e ripetere le analisi
Esempio

Si suppone di voler sostituire il caso di carico *Peso proprio della struttura* per controllare la deformazione delle travi dovuta ad un materiale con differente modulo elastico. È possibile operare nel seguente modo:

- 1. Realizzare il modello della struttura
- 2. Salvare i dati per ottenere il modello principale
- 3. Salvare nuovamente i dati con un nome differente per ottenere il modello secondario
- 4. Continuando a lavorare sul modello secondario, modificare le caratteristiche del materiale assegnato agli elementi strutturali
- 5. Eseguire l'analisi del modello secondario
- 6. Salvare i dati e chiudere il modello secondario
- 7. Tornare al modello principale ed andare nel contesto di Assegnazione carichi
- Usare il comando Contesto ► Check dati di carico per attivare le funzionalità dei casi di carico esterni
- 9. Usare il comando **Dati di carico** ► **Casi di carico** esterni per accedere alla Tabella dei casi di carico esterni
- 10.Nella Tabella dei casi di carico esterni selezionare il caso di carico del peso proprio della struttura
- 11.Usare il comando *Modifica* per indicare il modello secondario da cui attingere i dati
- 12. Ciccare su Ok per confermare le modifiche e chiudere la Tabella dei casi di carico esterni
- 13. Rieseguire le analisi delle struttura principale

Nota: se è presente un sisma dinamico e si desidera utilizzare i casi di carico esterni, è necessario inserire i casi di carico sismici (dinamici) all'interno del modello principale.

Visualizzazione dei carichi applicati alla struttura

È possibile controllare i carichi assegnati alla struttura con i comandi di contesto dedicati:



Visualizza casi di carico per controllare i carichi applicati nei singoli casi di carico

Visualizza combinazioni per controllare i carichi applicati nelle combinazioni di carico

Tasti di avanzamento dei casi di carico/combinazioni per scorrere tra i carichi applicati nei vari casi di carico/combinazioni definite



Controlla informazioni permette di accedere alla *Finestra di controllo generale* per effettuare il controllo puntuale delle informazioni di carico relative al singolo oggetto.

Per il controllo delle informazioni di carico è necessario:

- 1. Attivare il comando Controlla
- 2. Cliccare sull'elemento strutturale di interesse per accedere alla *Finestra di controllo generale*
- Finestra di controllo generale E- Forze concentrate ---- Forza Fx= 0.0 Fy= 0.0 Fz= 0.0 🖶 Momenti concentrati 25 Momento Mx= 0.0 Mv= 0.0 Mz= 0.0 Eorze distribuite Carico Qx= 0.0 Qv= 0.0 Qz= -2.25 - Momenti distribuiti Momento Mx= 0.0 My= 0.0 Mz= 0.0 🗄 - Carichi termici Var. term. 2-= 0.0 2+= 0.0 3-= 0.0 3+= 0.0 Sincronia Genera Genera esecutivi report report Posizione corrente = 0.0
- 3. Eseguire il controllo delle varie tipologie di carico applicato all'elemento scorrendo con il cursore le varie posizioni

CDC=Ggk (peso proprio della struttura) CDC=G1sk (permanente solai-coperture) CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.) CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.) CDC=Qnk (variabile solai) CDC=Qnk (carico da neve) CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +) CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc) CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.00 (ecc) CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc)	^
CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +) CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +) CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +) Nota: L risultati dei casi di carico selezionati verranno recupe	vati da modelli esterni.

Definizione delle combinazioni di carico

Le combinazioni di carico possono essere definite nella *Tabella delle combinazioni* a cui si accede con il comando *Dati di carico* ► *Combinazioni*.

Se le analisi sono lineari e si è nelle condizioni in cui vale il principio di sovrapposizione degli effetti è possibile definire o modificare le combinazioni di calcolo anche successivamente nei contesti di *Visualizzazione risultati* e di *Assegnazione dati di progetto*.

La Tabella delle combinazioni riporta i seguenti dati:

- **Caso di carico selezionato** Stringa di testo che riporta il nome del caso di carico selezionato. Si attiva selezionando un caso di carico cliccando con il mouse nelle relative colonne (LC1, LC2, LC3, ecc...)
- *Tipo comb. Stringhe* di testo che riportano rispettivamente la tipologia ed il nome della combinazione. Si attiva selezionando una combinazione cliccando con il mouse nella colonna *Combinazioni*. È possibile modificare il nome della combinazione intervenendo nella stringa di testo digitando il nuovo nome e confermando le modifiche premendo *Invio* sulla tastiera.
- La Tabella dei casi di carico che riporta:
 - Nella prima colonna le combinazioni definite
 - Nelle *colonne successive* i casi di carico definiti nell'archivio con il relativo coefficiente parziale di sicurezza. Il coefficiente parziale di sicurezza può essere modificato cliccando con il mouse sul numero ed inserendo il nuovo valore.
- Aggiungi Consente di aggiungere una nuova combinazione.
- *Rimuovi* Consente di rimuovere la combinazione selezionata.
- *Rimuovi tutto* Consente di rimuovere tutte le combinazioni.
- **Leggi file** Consente di importare le combinazioni da un file con estensione *.csv* compatibile con Microsoft Excel (vedi paragrafo *Importazione delle combinazioni da file*).
- Scrivi file Consente di scrivere i dati contenuti nella Tabella delle combinazioni in un file con estensione *.csv compatibile con Microsoft Excel (vedi paragrafo Importazione delle combinazioni da file).
- **Condizioni Ambiente per S.L.E.** Consente di indicare le condizioni ambientali da considerare nelle verifiche in esercizio degli elementi strutturali. È possibile scegliere tra *Ordinario, Aggressivo, Molto aggressivo*. Come riferimento normativo si veda, a seconda della normativa impostata per il calcolo, il §4.1.2.2.4.4 del D.M. 17 gennaio 2018 oppure il §4.3.1.4. del D.M. 9 gennaio 1996.
- **Generazione automatica** Questa cornice contiene i comandi per far generare automaticamente al programma le combinazioni di calcolo in base alla normativa selezionata.
- **Combina come PRO_SAP vs.2005-12-137 e precedenti** Consente di utilizzare un algoritmo di combinazione semplificato (opzione sconsigliata).
- Ok Conferma le modifiche e chiude la Tabella delle combinazioni.
- Annulla Annulla le modifiche e chiude la Tabella delle combinazioni.

📰 Tabella	delle comb	pinazioni					×
Caso di carico	o selezionato	þ					
Tipo comb.		•					
Combin	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6	^
CMB 1	1.30	1.30	1.50	1.50	0.00	0.00	
CMB 2	1.30	1.30	1.50	1.50	0.00	0.00	
CMB 3	1.30	1.30	1.50	1.50	0.00	1.05	
CMB 4	1.30	1.30	1.50	1.50	0.00	1.05	
CMB 5	1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	0.00	
CMB 6	1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	0.00	
CMB 7	1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	1.05	
CMB 8	1.30	1.30	1.50	1.50	1.50	1.05	
CMB 9	1.00	1.00	0.80	0.80	0.00	0.00	
CMB 10	1.00	1.00	0.80	0.80	0.00	0.00	¥ .
<							>
			- Generazione aul	tomatica			
Aaaiuna	i B	imuovi	Generazione au	I			
			Impostazio	oni generali	generali Approccio I		ccio 2
B	imuovi tutto		S.L.U. strutt.	S.L.U. strutt. S.L.E. rare			
Leggi file	e So	orivi file	S.L. sismica S.L.E. freq.				
_ Condizioni	Ambiente p	er S.L.E.	S.L.U. accid.	S.L.E. [perm.]			
G Outer							
Urdina	ne						
 Aggres 	ssive						
C Molto a	aggressive		🔲 Combina con	ne PRO_SAP vs.	2005-12-137 e pr	ecedenti	
					OK	Ar	nulla

Generazione automatica delle combinazioni di calcolo

La cornice *Generazione automatica* contiene i comandi necessari a far generare al programma le combinazioni di calcolo in conformità alla normativa adottata per il calcolo.

Se si sta utilizzando il D.M. 17 gennaio 2018 i comandi per la generazione automatica delle combinazioni di calcolo si attivano solamente dopo che è stata eseguita la procedura guidata che si attiva con il comando *Impostazioni generali*. La procedura guidata si compone di quattro passi che forniscono al programma le informazioni necessarie per la generazione delle combinazioni.

Parametri per carichi variabili

In questa tabella è necessario indicare i coefficienti *psi* necessari a combinare i carichi variabili agenti sulla struttura. Se la normativa selezionata è il D.M. 2018 i coefficienti *psi* vanno inseriti in conformità al §2.5.3 ed il coefficiente *psi2 sis* coincide con *psi2*.

Per i casi di carico delle tipologie Qsk (variabile solai) e Qnk (neve coperture) il programma legge automaticamente i coefficienti *psi* dall'*Archivio dei solai*.

Per i casi di carico delle tipologie Qvk (carico da vento) e Qtk (azioni indotte dal carico termico) il programma determina automaticamente i coefficienti *psi* da applicare in base alle disposizioni del D.M.2018.

In tabella non compaiono né i casi di carico sismici Esk o Edk né quelli della sovraspinta sismica del terreno Etk: per queste tipologie il programma genera le combinazioni determinando i coefficienti parziali da adottare in conformità al D.M.2018.

aso di carico:						
CDC	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi 2 sis	Segni	
5] CDC=Qsk (variabile solai)	0.70	0.50	0.30	0.30	0 - positivo	
6] CDC=Qnk (carico da neve)	0.50	0.20	0	0	0 - positivo	
15] CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	0.60	0.20	0	0	positivo	
16] CDC=Qvk (carico da vento) dir X -	0.60	0.20	0	0	positivo	
17 CDC=Qvk (carico da vento) dir Y +	0.60	0.20	0	0	positivo	
18] CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -	0.60	0.20	0	0	positivo	



Se sono stati definiti dei casi di carico del tipo Qk variabile generico è necessario definire manualmente all'interno della tabella i valori dei tre coefficienti *psi* altrimenti il programma, a favore di sicurezza, ignorando il tipo di variabile considera i coefficienti più gravosi dati dalla normativa: quelli di archivi e biblioteche.

La colonna *Segni* consente di definire il segno da assegnare al caso di carico nelle combinazioni, è possibile scegliere tra le seguenti possibilità:

- 1. *positivo* Il caso di carico ha sempre segno positivo
- 2. *0 positivo* Genera due gruppi di combinazioni: uno in cui il caso di carico compare con segno positivo ed un altro dove il caso di carico non è presente (moltiplicatore 0)
- 3. *neg pos* Genera due gruppi di combinazioni: uno in cui il caso di carico compare con segno positivo ed un altro dove il caso di carico compare con segno negativo
- 4. *neg 0 pos* Genera tre gruppi di combinazioni: uno in cui il caso di carico compare con segno positivo, un secondo dove il caso di carico compare con segno negativo ed un terzo dove il caso di carico non è presente (moltiplicatore 0)

Interazione casi di carico variabili

In questa tabella è possibile assegnare il tipo di legame tra i casi di carico variabili presenti a scelta tra:

1. Non dipendente

I due casi di carico sono indipendenti e non c'è nessuna logica che li lega nella generazione delle combinazioni di calcolo.

2. Inclusivo

In combinazione i due casi di carico sono sempre entrambi presenti oppure entrambi nulli (ad esempio per legare il caso di carico Qnk della neve sui solai di copertura con la neve su una scala esterna definita con un caso di carico variabile generico Qk).

3. Esclusivo

In combinazione i due casi di carico non sono mai contemporaneamente presenti, ma possono essere entrambi nulli (il carico da vento in direzione X+/X- e in direzione Y+/Y-

erazione casi di carico variabili						
Caso di carico:						
CDC	[5] CD	[6] CD	[15] CDC=	[16] CD	[17] CD	[18] CDC
[5] CDC=Qsk (variabile solai) [6] CDC=Qnk (carico da neve) [15] CDC=Qvk (carico da vento) dir X + [16] CDC=Qvk (carico da vento) dir X - [17] CDC=Qvk (carico da vento) dir Y + [18] CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -		Inclusivo	Non dipen Non dipen	Non dip Non dip Esclusivo	Non dip Non dip Esclusivo Esclusivo	Non dipe Non dipe Esclusivo Esclusivo
<		< Indietm	Avanti		nulla (> Default

sono un esempio di carico esclusivo: se considero il carico da vento in una determinata direzione non sarà presente contemporaneamente il carico da vento nella direzione opposta od ortogonale)

Definizione durata

Consente di definire la classe di durata (*Permanente, Lunga durata, Media durata, Breve durata, Istantaneo*) del caso di carico, utile per le verifiche degli elementi in legno. Consente inoltre di definire un eventuale coefficiente moltiplicativo per l'amplificazione dei valori caratteristici del caso di carico.

Scenari di carico

In questa tabella è possibile modificare i coefficienti parziali di sicurezza che intervengono nella generazione delle combinazioni di calcolo. Di default sono impostati i valori imposti dal D.M.2018.

La cornice *SLU non sismici* contiene i coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni agli stati limite ultimi dei carichi statici. L'opzione *SLU EQU* consente di generare le combinazioni utili per le verifiche dello Stato Limite di Equilibrio.

Caso di carico: CDC [1] CDC=Ggk (peso propri [2] CDC=G1sk (permanent [3] CDC=G2sk (permanent [4] CDC=G2sk (permanen [5] CDC=Qsk (variabile sol	Durata	[11] r [
CDC [1] CDC=Ggk (peso propri [2] CDC=G1sk (permanent [3] CDC=G2sk (permanent [4] CDC=G2pk (permanen [5] CDC=Qsk (variabile sol	Durata	111 - 1	
 CDC=Ggk (peso propri CDC=G1sk (permanent CDC=G2sk (permanent CDC=G2pk (permanen CDC=Qsk (variabile sol 		valore nt.	
 [2] CDC=G1sk (permanent [3] CDC=G2sk (permanent [4] CDC=G2pk (permanen [5] CDC=Qsk (variabile sol 	Permanente	1	
 [3] CDC=G2sk (permanent [4] CDC=G2pk (permanen [5] CDC=Qsk (variabile sol 	Permanente	1	
[4] CDC=G2pk (permanen [5] CDC=Qsk (variabile sol	Permanente	1	
[5] CDC=Qsk (variabile sol	Permanente	1	
	Media durata	1	
[6] CDC=Qnk (carico da n	Media durata	1	
[7] CDC=Es (statico SLU)	Istantaneo	1	
[8] CDC=Es (statico SLU)	Istantaneo	1	
[9] CDC=Es (statico SLU)	Istantaneo	1	
[10] CDC=Es (statico SLU	Istantaneo	1	
[11] CDC=Es (statico SLD	Istantaneo	1	
[12] CDC=Es (statico SLD	Istantaneo	1	
[13] CDC=Es (statico SLD	Istantaneo	1	
[14] CDC=Es (statico SLD	Istantaneo	1	
[15] CDC=Qvk (carico da	Breve durata	1	
[16] CDC=Qvk (carico da	Breve durata	1	
[17] CDC=Qvk (carico da	Breve durata	1	
[18] CDC=Qvk (carico da	Breve durata	1	
		< Indietro Avanti > Ann	ulla Default

La cornice *SL per azioni sismiche* contiene i coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni sismiche.

L'opzione *Applica EC8 4.4.2.6(8)* consente di generare le combinazioni di calcolo in conformità con il punto (8) del §4.4.2.6 dell'Eurocodice 8 anziché come definito nel D.M.2018. Questa opzione può essere utile per la verifica degli elementi di fondazione.

La cornice *SLU per azioni accidentali* contiene i coefficienti parziali di sicurezza da utilizzare per le azioni eccezionali, per esempio per le verifiche di resistenza al fuoco.

L'opzione *Permuta valori g min e g max* consente di realizzare più gruppi di combinazioni, corrispondenti a tutte le possibili permutazioni dei casi di carico e dei loro coefficienti.

enari di carico								×
SLU non sismici	~		~~~		_			7
Fattori di comb. A1. [STR]	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q 1 5	
Fattori di comb. A1 [GFO]	1	1	13	0.8	1	1	13	
	1.1	0.0	1.5	0.0	1	1	1.5	
1 320 EQU	J	10.3	1.5	10.0	J.	<u>1</u>	11.0	
SL per azioni sismiche								
g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q	
Fattori di comb. A1 1	1	1	1	1	1	1	1	
Fattori di comb. A2 1	1	1	1	1	1	1	1	
Applica EC8 4.4.2.6(8) (in o	questo caso	utilizzare g	E maggiore	di 1)				
-SLU per azioni accidentali								-
Fattani di sambianatana	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q	
Fatton di compinazione	1	<u> </u>			<u> </u>		ļi	
Nota importante: i valori max e mir	n in tabella (riferiti ai	Permuta	valori g min e	e g max			
cdc permanenti e precompression	ne) applicati	con		-	-			
combinazioni particolarmente elev	run numero /ato.	a						
				1				_
			< Indietro	Fine	A	nnulla	Default	

I valori max e min in tabella (riferiti ai cdc permanenti e precompressione) applicati con permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.

Assegnando un valore massimo ed uno minimo diversi, si ottengono due gruppi di combinazioni analoghe, uno con il valore massimo e uno con il valore minimo; assegnando il valore massimo e minimo uguali, si ottiene un unico gruppo di combinazioni.

Una volta terminata la procedura guidata si attivano i comandi *S.L.U. strutt*, *S.L.E. rare, S.L. sismica*, *S.L.E. freq*, *S.L.U. accid*, *S.L.E. [perm.]* con i quali è possibile far generare automaticamente al programma le combinazioni di calcolo.

Importazione delle combinazioni da file

PRO_SAP consente di importare le combinazioni da un file *.csv di Microsoft Excel.

Per importare le combinazioni da file è necessario usare il comando *Leggi file* presente nella *Tabella delle combinazioni*.

Il file *.csv deve avere la seguente formattazione:

- ogni riga deve contenere le informazioni di una combinazione di calcolo
- nella *prima colonna* il nome della combinazione di calcolo
- nella seconda colonna il codice che indica il tipo di combinazione (vedi tabella sottostante)
- nelle successive colonne i coefficienti parziali di sicurezza da assegnare ai vari casi di carico previsti

Nella tabella riportata di seguito sono contenuti i codici relativi ai tipi di combinazione:

Tipo di combinazione	Codice
Tensioni ammissibili	0
Stati Limite Ultimi	1
Stati Limite di Esercizio - rara	2
Stati Limite di Esercizio - frequente	3
Stati Limite di Esercizio - permanente	4
SLU Accidentali per la resistenza al fuoco	5
Stati limite di Danno	6
Pushover	7
SLU A1(Terreno per DM 2005)	8
SLU A2(Terreno per DM 2005)	9
SLU Galleggiamento (Terreno)	10

Il comando *Scrivi file* presente nella tabella delle combinazioni consente di esportare i dati relativi alle combinazioni di calcolo in un file .csv compatibile con Microsoft Excel.

Si	riporta di segu	uito un	esemp	io di	file .csv	/						■ Modifica •		
1.	829	11 - Ca	T.									Macro-str	utture	
	A	B	c		0	E	F	ā	н	1	1	Selezione	del solutor	e
1	Combinazione1		1	1.3	1	0	0	0	0	0	0	Comandi	avanzati	,
2	Combinazione2		1	1.3	0	1	0	0	0	0	0	Aiuto per	carico Solid	li e D3
з	Combinazione3		1	1.3	0	0	1	0	0	0	0	Importa-E	sporta arch	ivi CSV
4	Combinazione4		1	1.3	0		0	1	0	0	0	Trova		
5	Combinazione5		1	1.5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	Combinazione6		1	1,3	D	0	0	0	0	I	0	0	0	q
7	Combinazione7		1	1.3	-0		0	0	0	0	1	0	0	0
в	Combinazione8		1	1.5	D	0	0	0	0	0	0	1	0	0
9	Combinazione9		1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
10	Combinazione10		1	1.3	0	(0.	0	0	0	0	0	0	1
11														
12														

Il menu Modifica

Nel contesto di Assegnazione carichi il menu Modifica consente di accedere ai seguenti comandi di gestione dell'analisi della struttura:

- Macro-strutture
- Selezione del solutore
- Comandi avanzati
- Aiuto per carico Solidi e D3
- Importa-Esporta archivi CSV
- Trova

Macro-strutture

Il menù di gestione delle macrostrutture consente di selezionare i macroelementi creati da *PRO_SAP* tramite l'aggregazione di singoli elementi strutturali di caratteristiche omogenee. I comandi del menu *Macrostrutture* sono descritti nel capitolo 5 della presente guida.

Selezione del solutore

Con il comando **Modifica** ► **Selezione del solutore** viene attivata la finestra Opzioni per analisi statica e dinamica che consente di intervenire sulla selezione del solutore per le analisi, sulla precisione e sui metodi da utilizzare per il calcolo. Tramite questa finestra è anche possibile specificare se salvare o meno alcuni dati.

Opzioni per analisi statica e dinamica	×
Impostazione solutore ✓ Usa e_SAP (solutore ottimizzato per PR0_SAP) Shell-drilling come versione 2011-06-155 ✓ Usa Boundary Condition (non Boundary Element) ✓ Usa Elementi Finiti Plate-Shell a 6-9 nodi □ Usa Elementi Finiti Plate-Shell a 6-9 nodi □ Usa Elementi Finiti Membrane a 6-9 nodi ▼ Usa analisi modale LDRV ⑧5 Minima percentuale massa eccitata con LDRV [*] □ Massima frequenza di interesse [*] Interfaccia con Autodesk Algor ✓ 1] skyline C 2] a banda ✓ Ottimizza banda ③ sparse matrix C 4] iterativo ✓ modale sparse matrix C 4] iterativo ✓ Max iter. Tolleranza [per analisi non lineari] [100 1.0000e-04 Algoritmo modificato	Impostazioni output dati elementi spostamenti sollecitazioni azioni elementari energie modali Impostazioni opzioni speciali CQC Composizione predefinita Segni da max. partecipazione Minimo coeff. di correlazione ROij (per CQC) Moltiplicatore rigidezze vincoli (B. Element) Moltiplicatore penalty factor Moltiplicatore dilling factor 50 % memoria RAM disponibile per il solutore [*] Con il valore 0 la ricerca non è influenzata
100 0.001 [per iterativo]	0K Annulla

Cliccando sul comando *Selezione del solutore* si attiva la finestra *Opzioni per analisi statica e dinamica* la quale è composta dalle seguenti cornici:

- Impostazione solutore
- Interfaccia con Autodesk Algor
- Tolleranza per analisi non lineari
- Impostazioni output
- Impostazioni opzioni speciali

Impostazione del solutore

- **Usa e_SAP (solutore ottimizzato per PRO_SAP)** Esegue l'analisi utilizzando il solutore *e_Sap*, se l'opzione non è attiva consente di specificare il percorso in cui è installato il solutore Algor.
- **Shell-drilling come versione 2011-06-155** Consente di impostare il calcolo degli elementi D3 con 5 gradi di libertà per ogni nodo come avveniva nella versione 155 di *PRO_SAP*, anziché con 6 gradi di libertà per ogni nodo.
- Usa Boundary condition (non Boundary Element) Esegue l'analisi della struttura usando le condizioni al contorno anziché gli elementi boundary. Questa opzione consente di avere la soluzione in tempi più brevi, ma non consente l'utilizzo di spostamenti impressi. Se nel modello si assegnano carichi di tipo spostamento impresso è necessario disattivare questa opzione.
- **Usa Elementi Finiti Plate-Shell a 6-9 nodi** Effettua le analisi degli elementi D3 tipo Plate/shell utilizzando elementi finiti a 6-9 nodi (anziché a 3-4 nodi). I risultati sono più precisi, ma le analisi impiegano più tempo.
- **Usa Elementi Finiti Membrane a 6-9 nodi** Effettua le analisi degli elementi D3 tipo membrana utilizzando elementi finiti a 6-9 nodi (anziché 3-4). I risultati sono più precisi, ma le analisi impiegano più tempo.
- **Usa analisi modale LDRV** Attiva il metodo di soluzione con vettori di Ritz (vedi paragrafo *Vettori di Ritz*). Se questa opzione non è attiva viene usato il metodo di Lanczos.

Interfaccia con Autodesk Algor

Permette di definire il percorso dove è installato il solutore Algor di Autodesk nel caso non possa essere individuato automaticamente. La cornice non è attiva se si usa il solutore di default, e_SAP.

È possibile specificare il metodo di soluzione a scelta tra:

- skyline
- a banda
- sparse matrix
- iterativo

Contiene inoltre le seguenti opzioni:

- **Ottimizza banda** Consente di ridurre le dimensioni della matrice di soluzione, riducendo i tempi di calcolo.
- Modale sparse mat. Consente di utilizzare il solutore sparse matrix per analisi modale.

Per i modelli particolarmente pesanti con molti nodi, per ottenere i risultati dell'analisi più rapidamente si suggerisce di:

- 1. Rinumerare i nodi e gli elementi
- 2. Impostare il metodo di soluzione numero 3: sparse matrix
- 3. Spuntare l'opzione Modale sparse mat.



Il solutore sparse matrix non è consigliato per modelli con limitato numero di nodi (ad esempio per modelli con meno di 500 nodi); tra i warning del solutore è comunque presente un messaggio di avviso nel caso il metodo sparse matrix venga usato per modelli troppo piccoli.

Tolleranza per analisi non lineari

Le seguenti opzioni hanno influenza solo nel caso di analisi non lineari

- *Max inter.* Permette di definire il massimo numero di iterazioni impiegate dal solutore per la convergenza della soluzione
- **Tolleranza** Permette di definire la tolleranza massima per la convergenza della soluzione.

Impostazioni output

- Dati elementi Scrive nel file Fst.L i dati di ingresso relativi ai nodi ed agli elementi.
- **Spostamenti** Scrive nel file *Fst.L* i dati di ingresso relativi agli spostamenti dei nodi.
- Sollecitazioni Scrive nel file Fst.L i risultati relativi agli elementi, in termini di azioni.
- **Azioni elementari** Scrive nel file *Fst.L* i risultati relativi alle azioni elementari. Se attivo consente di visualizzare i risultati presenti nel menu *Sollecitazioni globali* e *Azioni pannello* all'interno del contesto di *Visualizzazione risultati.*

• **Energie modali** Scrive nel file *Fst.L* i risultati relativi alle energie modali. Da attivare per il calcolo di strutture con dissipatori sismici per avere i valori delle energie nel menu *Analisi dinamiche-info* all'interno del contesto di *Visualizzazione risultati.*

Cornice impostazioni opzioni speciali

- **Segni da max partecipazione** Permette stimare il segno delle sollecitazioni ottenute dopo la combinazione modale basandosi sul segno dell'analisi spettrale che ha massimo coefficiente di partecipazione.
- Composizione modale predefinita Permette di definire il tipo di combinazione dei modi di vibrare ai fini del calcolo degli spostamenti e delle sollecitazioni nei casi di carico sismici dinamici. È possibile scegliere tra i seguenti metodi:
 - Automatica II programma esegue un controllo sui periodi di vibrazione dei modi; se ciascun modo differisce almeno del 10% rispetto a tutti gli altri realizza una combinazione SRSS (Square Root Sum of Squares o radice quadrata della somma dei quadrati), altrimenti effettua una combinazione CQC (Complete Quadratic Combination o Combinazione Quadratica Completa).
 - Automatica (abs) Esegue una composizione analoga a quella automatica sovrapponendo i valori assoluti delle forme modali.
 - CQC Esegue sempre una combinazione quadratica completa.
 - CQC (abs) Esegue sempre una combinazione quadratica completa utilizzando i valori assoluti delle forme modali.
 - SRSS Esegue sempre una composizione con radice quadrata della somma dei quadrati.
- *Minimo coeff. di correlazione ROij (per CQC)* Permette di assegnare un valore minimo del coefficiente di correlazione tra i modi; se i modi hanno un coefficiente di correlazione inferiore al minimo assegnato gli effetti dei due modi non verranno combinati (vedi equazione 7.3.4 del D.M. 2018).
- *Moltiplicatore rigidezze vincoli* Permette di introdurre un coefficiente moltiplicativo della rigidezza degli elementi boundary utilizzati per la modellazione dei vincoli rigidi. In particolari situazioni consente di stabilizzare il risultato dell'analisi dinamica (per esempio quando gli elementi utilizzati per modellare i vincoli sono troppo o troppo poco rigidi).
- % memoria RAM disponibile per il solutore Permette di definire la percentuale di memoria RAM da affidare al solutore in fase di elaborazione dei dati. Questa opzione consente di sfruttare maggiormente le caratteristiche del computer ed è utile per modelli di grandi dimensioni con elevato numero di gradi di libertà. (Si intende la percentuale di memoria RAM da utilizzare in base a quella libera al momento del lancio dell'analisi, non in base a quella totale del sistema).

Vettori di Ritz

L'analisi LDRV (Load Dependent Ritz Vectors) consente di sfruttare i vettori di Ritz per ottimizzare le analisi dinamiche. Utilizzando questo metodo verranno utilizzati, per raggiungere il quantitativo di massa eccitata richiesto dalla normativa, solamente i modi più significativi.

Il metodo di Ritz riesce a valutare, per ogni direzione di ingresso del sisma, i modi di vibrare specifici con cui evidenziare il comportamento della struttura soggetta al dato input sismico convergendo molto rapidamente al coinvolgimento della massa modale efficace tanto che, in genere, è possibile raggiungere e superare il limite dell'85% richiesto da normativa impiegando pochissimi modi di vibrare.

Di default il programma esegue le analisi dinamiche con il metodo ibrido di iterazione del sottospazio di Lanczos.

Risolvendo la struttura con il metodo di Lanczos i modi di vibrare che si ottengono hanno la seguente forma:

$$\mathbf{K} \mathbf{D} - \omega^2 \mathbf{M} \mathbf{D} = 0$$

I modi di vibrare sono M-normalizzati:

$\mathsf{D}^T \mathbf{M} \mathsf{D} = \mathsf{Id}$

Invece, utilizzando i vettori di Ritz, che dipendono dal carico, si ottengono prima dei modi statici e successivamente quelli dinamici:

$$\mathbf{K} \mathbf{S} = \mathbf{F}$$
 (modi statici)

K D - ω^2 **M D** = 0 (modi dinamici).

Anche in questo caso i modi di vibrare sono M-normalizzati.

Le forme modali e le frequenze ottenute con questo metodo sono differenti da quelle ottenute con il metodo di Lanczos.

Generalmente la prima metà dei modi ottenuti, ovvero quelli con le frequenze più basse, sono simili a quelli ottenuti con il metodo di Lanczos; i modi con frequenza più alta calcolati con i vettori di Ritz sono delle combinazioni dei modi di Lanczos con modi statici e sono utili per analisi sismiche con spettro di risposta. Il metodo di Ritz computa più modi con frequenze minori eccitati dai carichi e che, di conseguenza, hanno un fattore di partecipazione più significativo; può capitare che utilizzando questo metodo alcuni modi di vibrare non eccitati non siano individuati in quanto poco significativi ai fini delle analisi.

Se nella finestra *Opzioni per analisi statica e dinamica* è attiva l'opzione *Usa analisi modale LDRV* le analisi vengono svolte utilizzando il metodo dei vettori di Ritz, i parametri che l'utente può definire sono:

- Minima percentuale massa eccitata con LDRV (Disponibile solo per analisi modale LDRV)
 Consente di specificare la minima percentuale di massa eccitata. Assegnando il valore 0 il solutore
 individua un numero di modi pari a quelli impostati al passo 4 di Casi di carico: sismica; tuttavia si
 osserva che anche senza la richiesta di raggiungere una specifica percentuale di massa eccitata il
 metodo di Ritz genera modi con contenuto di frequenze più alte, ma atte a dare partecipazione e
 che le frequenze individuate convergono dall'alto, cioè hanno valori superiori a quelli esatti.
 Assegnando un valore maggiore di 0 viene individuato un numero di frequenze e modi sufficiente a
 garantire la percentuale di massa richiesta. Le frequenze dei modi di vibrare individuati dall'analisi
 LDRV non cambiano a seconda che si imposti o meno un quantitativo minimo di massa eccitata.
- **Massima frequenza di interesse** (Disponibile solo per analisi modale di Lanczos) Consente di specificare, ponendo un valore maggiore di 0, il valore di frequenza al di sopra del quale scartare i modi. Se si attiva questa opzione non viene utilizzato il numero di modi specificato al passo 4 di Casi di carico: sismica

Comandi avanzati

Il menu *Modifica* > *Comandi avanzati* consente di accedere alle seguenti opzioni:

- Scrittura archivi per il solutore Consente di realizzare l'operazione di scrittura degli archivi da inviare in seguito al solutore. Questa operazione è analoga a quella eseguita mediante il comando Contesto ► Salvataggio dati per l'analisi che riporta le risultanti complessive dei carichi applicati alla struttura
- *Esecuzione del solutore* Consente di eseguire l'operazione analoga a quella realizzata mediante il comando *Contesto* ► *Esecuzione analisi* che lancia il solutore per l'analisi della struttura
- Check per esecuzione batch Permette di visualizzare la finestra Controllo dello stato Report che riporta la sintesi del processo di analisi della struttura eseguito dal solutore.

Contiene inoltre le seguenti opzioni:

- *Mostra esecuzione solutore* Attivando questo comando durante il calcolo viene visualizzata la finestra che riporta i dettagli del procedimento di soluzione
- *Mostra archivi con errori* Permette la visualizzazione automatica dell'archivio contenente la descrizione dell'errore che ha provocato l'interruzione della soluzione (file formato testo)
- CQC Azioni Macro D3 (semplificata) Consente la valutazione semplificata delle azioni macro sugli elementi D3 con combinazione CQC
- Altri... Permette di accedere alla Tabella dei comandi avanzati

Tabella dei comandi avanzati

Con il comando *Modifica* ► *Comandi avanzati* ► *Altri...* è possibile accedere alla *Tabella dei comandi avanzati* che contiene le seguenti cartelle:

- Introduzione dati
- Tension stiffening
- Analisi modale e spettrale

Introduzione dati

Cornice generalità

- Check dati-struttura: effettuato solo su elementi visibili Consente di eseguire il check dati struttura solo sulla parte visibile del modello, trascurando eventuali elementi nascosti. Se l'opzione è attiva e se ci sono oggetti nascosti, in fase di esecuzione del check il programma genera il seguente messaggio di avviso: "Attenzione: elementi e/o nodi disattivati. Saranno parzialmente esclusi dal check".
- Check dati-struttura: controlla dettami sismici (dimensioni sezioni) Consente di realizzare il controllo delle dimensioni della sezione e della lunghezza della trave in rapporto alle prescrizioni normative.
- Check dati-struttura: consenti elementi sovrapposti Consente di realizzare strutture con elementi sovrapposti. Il check avvertirà del problema di modellazione ma consentirà al progettista di proseguire comungue nelle analisi.



- *Fili fissi: utilizzati solo per le carpenterie (nessun effetto sulle azioni)* Attivando questa opzione i fili fissi hanno effetto solo sulla rappresentazione della struttura e non aggiungono alle sollecitazioni il momento di trasporto dovuto all'eccentricità degli elementi strutturali.
- Fili fissi: scarico solaio in asse trave solida (offset anche per il carico) Consente di spostare il carico applicato dal solaio alla trave nella posizione individuata dall'asse della trave in modalità solida. Questa opzione consente di eseguire lo spostamento del carico, unitamente allo spostamento della trave mediante il filo fisso. Possono essere spostati solamente i carichi applicati agli elementi dai solai.
- Solai: scarico isostatico anche per elementi in continuità Consente di calcolare le armature dei solai con lo schema "automatico", assegnando cioè la continuità, e assegnare lo scarico sulla struttura secondo lo schema isostatico (anziché assegnare alla struttura le reazioni vincolari della trave continua del solaio).
- *Copia di nodi ed elementi: copia anche i carichi assegnati* Se attiva, quando si esegue la copia di nodi od elementi strutturali vengono copiati anche i carichi eventualmente applicati
- *D3: Ripartizione impronte di carico* Consente di personalizzare le sollecitazioni indotte sugli elementi D3 dal *carico di tipo impronta* secondo i seguenti algoritmi: Equilibrio poligono, Coordinate triangolari, Equilibro molle, Equilibrio 4 triangoli.

Cornice modello piano rigido

- *Elementi finiti: solo membrane triangolari* Permette di realizzare il piano rigido dei solai generando elementi finiti di tipo membrana di forma triangolare.
- *Elementi finiti: usa algoritmo più veloce* Permette di realizzare il piano rigido dei solai generando elementi finiti di tipo membrana ed usando un algoritmo semplificato.
- Con diaframma rigido (traslazioni X e Y) Consente di assegnare un piano infinitamente rigido che vincola la traslazione dei nodi in corrispondenza di solai orizzontali.
- *Con diaframma rigido (traslazioni X e Y, rotazioni Z)* Consente di assegnare un piano infinitamente rigido che vincola la traslazione e la rotazione Z dei nodi in corrispondenza di solai orizzontali.

Cornice travi tralicciate Generalità

- *Fase 1 TTRC: automatica* Consente di gestire in automatico gli schemi strutturali per le fasi costruttive (questa opzione necessita del modulo 6 analisi non lineare).
- *Fase 1 TTRC: automatica lineare* Consente di utilizzare il metodo lumped mass basato sull'ipotesi semplificata di trascurabilità assiale dei pilastri (disponibile anche senza il modulo 6 analisi non lineare).

• Fase 1 TTRC: non automatica Prevede la gestione manuale delle fasi costruttive, utile per casi particolari nei quali non sia possibile identificare un automatismo delle fasi costruttive (questa opzione necessita del modulo 6 analisi non lineare). In questo caso è necessario realizzare due modelli distinti ed importare i casi di carico esterni manualmente come descritto nel paragrafo Uso dei casi di carico esterni del presente capitolo della guida di PRO SAP.

Tension Stiffening (Opzione disponibile solo per il solutore Algor)

Permette di realizzare una analisi modale tenendo conto della rigidezza geometrica derivante da una specifica combinazione di carico. La rigidezza geometrica deriva dai carichi presenti nella combinazione di riferimento.

Per l'utilizzo del *Tension Stiffening* è necessario che il modello strutturale sia realizzato nel seguente modo:

- Agli elementi tipo trave deve essere assegnato il materiale numero 1 dell'archivio dei materiali
- Agli elementi tipo setto-piastra deve essere assegnato il materiale numero 2 dell'archivio dei materiali
- Agli elementi tipo solido deve essere assegnato il materiale numero 3 dell'archivio dei materiali
- Nel caso non siano presenti elementi tipo trave nel modello è necessario assegnare agli elementi setto-piastra il materiale numero 1 dell'archivio dei materiali
- Nel caso non siano presenti elementi tipo setto-piastra e tipo solido nel modello è necessario assegnare agli elementi tipo trave il materiale numero 1 dell'archivio
- Non devono essere presenti nel modello elementi tipo asta o membrana.

Per l'utilizzo del *Tension Stiffening* è necessario associare ai casi di carico dinamici le combinazioni di riferimento da cui prelevare i carichi. Per eseguire l'operazione è necessario cliccare con il mouse sul caso di carico dinamico di interesse, selezionare la combinazione di riferimento cercandola nel menu a tendina e premere il comando *Assegna*.

Dopo aver premuto il comando Assegna viene visualizzato a fianco del caso di carico sismico il simbolo di attivazione.

Tabella dei comandi avanzati	×
Introduzione dati Tension Stiffening Analisi modale e spettrale	
Indicare per ciascuna analisi dinamica (Edk) l'eventuale combinazione dei carichi che generano il tension stiffening	
[6] CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +) ∧ [7] CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc) ∧ [8] CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +) assegnati [9] CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc) ✓	
Combinazione non influente Assegna	
Situazione corrente:	

Analisi modale e spettrale

Consente di assegnare i fattori moltiplicativi per la matrice delle masse in ciascuna direzione. È utile per esempio per trascurare la massa sismica in direzione Z (impostando *Z fattore di massa* = 0) quando nell'analisi non è necessario tenere conto della componente verticale del sisma in modo da ridurre il numero di modi di vibrare necessari a raggiungere il quantitativo di massa eccitata richiesto da normativa.

Tabella dei comandi avanzati	×
Introduzione dati Tension Stiffening Analisi modale e spettrale	
⊂ Generalità	
🖵 Check dati-struttura: effettuato solo su elementi visibili	(Di norma: NO)
🔽 Check dati-struttura: controlla dettami sismici (dimensioni sezioni)	(Di noma: SI)
Check dati-struttura: consenti elementi sovrapposti	(Di norma: NO)
🦳 Fili fissi: utilizzati solo per le carpenterie (nessun effetto sulle azioni).	(Di norma: NO)
Fili fissi: scarico solaio in asse trave solida (offset anche per il carico)	(Di norma: NO)
Solai: scarico isostatico anche per elementi in continuità	(Di norma: NO)
✓ Copia di nodi ed elementi: copia anche i carichi assegnati	(Di norma: SI)
Edifici esistenti: interpreta nuova sezione come camicia	(Di norma: NO)
D3 :Ripartizione impronte di carico	ilibrio poligon(👻
Modello piano rigido	
🔲 Elementi finiti: solo membrane triangolari	(Di norma: NO)
📁 Elementi finiti: usa algoritmo più veloce	(Di norma: NO)
🖵 Con diaframma rigido (traslazioni X e Y)	
🗍 Con diaframma rigido (traslazioni X e Y, rotazioni Z)	
Travi tralicciate Elementi D2 svinc	coli parziali
Image: General state in the state in t	a assegnata gidezza

Aiuto per carico Solidi e D3

L'attivazione del comando permette di selezionare e visualizzare la faccia dell'elemento Solido o il lato dell'elemento D3 su cui applicare il carico per agevolare l'applicazione di elementi Solidi e D3. Per ulteriori approfondimenti sull'utilizzo del comando si veda il paragrafo *Applicazione dei carichi agli* elementi solidi del presente capitolo.

Importa/Esporta archivi CSV

Il comando *Importa* consente di importare gli archivi dei carichi generici e dei carichi dei solai e coperture da un file *.csv*; il comando *Esporta* consente di scrivere un file *.csv* contenente i dati presenti negli archivi. Il funzionamento dei comandi è descritto al capitolo 5 della presente guida.

Trova

Consente di eseguire la ricerca di nodi od elementi in base al loro numero. Attivando il comando si visualizza la finestra *Ricerca elementi* che consente di individuare e selezionare l'oggetto di interesse. La finestra contiene i seguenti elementi:

- Cornice *Tipo ed elenco elementi* Consente di selezionare la tipologia di elementi da cercare.
- *Casella di testo* Consente di inserire il numero degli elementi da cercare.
- *Trova* Consente di individuare l'elemento cercato, in base alla tipologia e al numero indicato; l'elemento individuato è collegato al puntatore del mouse mediante la linea elastica per picking.
- Seleziona Consente di selezionare l'elemento individuato.
- Deseleziona Consente di annullare la selezione dell'elemento individuato.

Gestione delle opzioni di contesto

Le opzioni di contesto permettono di definire e modificare la rappresentazione dei carichi (scala, colore, font, ecc...). Per attivare le opzioni di contesto è necessario eseguire il comando **Opzioni ► Opzioni Carichi** per accedere alla finestra *Scale di visualizzazione dei carichi applicati*

Ricerca elementi X							
⊤Tipo ed eler	nco elementi- O D3	C Solaio					
C D2	🔿 Solido	$\mathbf C$ Pannello					
Inserire elen	Inserire elenco elementi es. 1,10,11						
Trova	Seleziona	Deseleziona					



La finestra Scale di visualizzazione dei carichi applicati contiene i seguenti comandi:

- Colore Consente di modificare il colore con cui viene rappresentato il carico. Per modificare il colore è sufficiente selezionare la tipologia di carico di interesse, cliccare sul comando e specificare il nuovo colore da attribuire al carico.
- Contatore Permette di modificare la scala di rappresentazione delle varie tipologie di carico applicate alla struttura. Per modificare la scala è sufficiente selezionare la tipologia di carico di interesse e agire sul contatore.

L'opzione Controllo rigidezza torsionale (r/Ls) permette di visualizzare, **per i casi di carico sismici**, i seguenti elementi:

- 1. La posizione del baricentro delle masse (pallino rosso)
- 2. L'ellisse delle eccentricità aggiuntive
- 3. La posizione del baricentro delle rigidezze (pallino nero)
- 4. Attorno al baricentro delle rigidezze viene descritta una zona, di forma quadrata o rettangolare, individuata dal braccio di rigidezza torsionale calcolato secondo l'Eurocodice 8.
- 5. Il valore della forza totale applicata per le analisi statiche o della massa sismica per le analisi dinamiche, il rapporto r/Ls, la somma degli EJ in di pilastri e pareti che sono al di sotto dell'impalcato selezionato in direzione x ed y e la rigidezza rotazionale. Nota: i valori delle rigidezze non tengono conto dell'altezza di interpiano, le pareti vengono trattate come pilastri equivalenti con la sezione trasversale di dimensioni pari alla lunghezza della macroparete per lo spessore della parete.

L'opzione *Scrivi valore per Nodi e D2*: permette di visualizzare i valori numerici dei carichi applicati ai nodi. Inoltre all'interno del menu *Opzioni* sono presenti i seguenti comandi*:*

- Scelta font per valori Permette di modificare il font utilizzato per la rappresentazione numerica dei valori dei carichi applicati ai nodi. Per realizzare la rotazione dei valori dei carichi è necessario definire un font ruotabile (ad esempio Arial).
- *Rotazione font (globale)* Permette di assegnare una rotazione ai valori numerici dei carichi nodali definiti.
- Rotazione font (nodale) Permette di assegnare una rotazione ai valori numerici relativi ai soli nodi.

Capitolo 9

Visualizzazione risultati

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la visualizzazione dei risultati ottenuti dal calcolo.

Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Barra dei risultati
- Controllo dei risultati
- Controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto della struttura Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo nodo Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D2 Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3
- I comandi di gestione delle analisi avanzate: il menu Comandi avanzati Analisi avanzate Media azioni D3 Usa valori assoluti
- Analisi per storia di carico Importa/Esporta dati da file CSV
- Il menu delle Opzioni sollecitazioni

Barra dei risultati

Il controllo dei risultati delle analisi avviene nel contesto *Visualizzazione risultati*, a cui è possibile accedere solamente dopo aver eseguito correttamente le analisi sulla struttura.

Per accedere al contesto *Visualizzazione risultati* è possibile usare il comando *Contesto* ► *Visualizzazione risultati* oppure cliccare direttamente sul *Tab Visualizzazione risultati*.

Il controllo dei risultati avviene attraverso i comandi contenuti nella *Barra dei risultati*, in questo contesto risultano nascoste le barre per la modellazione degli elementi e per l'assegnazione dei carichi:



Oltre alla cornice di testo contenente il nome del caso di carico/combinazione corrente sono presenti i seguenti comandi:

Controlla Permette di effettuare il controllo dei risultati relativi al singolo oggetto;

Vedi caso di carico Permette di visualizzare i risultati relativi al caso di carico corrente;

Vedi combinazione Permette di visualizzare i risultati relativi alla combinazione corrente;

Vedi dinamica Permette di visualizzare i risultati relativi all'analisi dinamica;

Storia di carico Permette di visualizzare i risultati relativi alla storia di carico;

Primo Rende corrente il primo caso di carico/combinazione;

Precedente Rende corrente il caso di carico/combinazione precedente a quello attivo;

Successivo Rende corrente il caso di carico/combinazione successivo a quello attivo;

Ultimo Rende corrente l'ultimo caso di carico/combinazione;

Movimenti nodi Per visualizzare i risultati in termini di spostamenti e rotazioni nodali;

Azioni vincoli Per visualizzare i risultati in termini di reazioni vincolari, dei vincoli rigidi ed elastici;

Azioni fondazioni Per visualizzare i risultati in termini di pressioni sul terreno e azioni sui pali;

Azioni D2 Per visualizzare i risultati in termini di tensioni ed azioni, relativi agli elementi D2;

Tensioni D3 Per visualizzare i risultati in termini di tensioni, relativi agli elementi D3;

Azioni D3 Per visualizzare i risultati in termini di azioni, relativi agli elementi D3;

Tensioni Solidi Per visualizzare le tensioni negli elementi solidi;

Deformazioni Per visualizzare i risultati in termini di deformazioni;

Risultati globali Per visualizzare i risultati in termini di risultante del gruppo di elementi selezionati;

Max Per visualizzare la combinazione che riporta il valore massimo del risultato corrente;

Min Per visualizzare la combinazione che riporta il valore minimo del risultato corrente.

Di seguito vengono riportate le metodologie di controllo e le relative opzioni. Per visualizzare i risultati è necessario eseguire i seguenti comandi:

1. Attivare uno dei seguenti comandi:

Vedi caso di carico Per visualizzare i risultati relativi ai casi di carico;

Vedi combinazione Per visualizzare i risultati relativi alle combinazioni di carico;

Vedi dinamica Per visualizzare i risultati relativi ai casi di carico Edk;

- 2. Selezionare, nella *Barra dei risultati* la tipologia di risultati che si desidera visualizzare;
- 3. Selezionare nel menu a tendina visualizzato l'opzione di controllo di interesse;
- 4. Per visualizzare una nuova tipologia di risultati selezionare una nuova opzione di controllo;
 - I risultati dell'analisi dinamica vengono suddivisi in:
 - **Dyn** Risultati dell'analisi dinamica modale, che dipendono solo dalla masse e dalla rigidezza della struttura. Per ogni modo di vibrare viene rappresentata la deformata e le traslazioni nodali.
 - **Spt** Risultati dell'analisi spettrale, che dipendo dallo spettro di progetto (e quindi dalla normativa selezionata, dalla zona sismica,...). Per ogni *Spt* vengono rappresentate sia le traslazioni che le sollecitazioni.

Controllo dei risultati

Di seguito vengono riportati i comandi di controllo contenuti nella Barra dei risultati:

Movimenti Nodi

Il controllo dei risultati relativi ai movimenti nodali avviene, sulla struttura o su parti di essa, mediante mappe di colore. Ad ogni nodo corrisponde un colore a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici della traslazione o rotazione di interesse, in unità di misura congruenti.

Il controllo puntuale del nodo può essere eseguito mediante il comando Controlla.

Nel caso di analisi con il D.M.08 gli spostamenti della struttura, sotto l'azione del sisma, forniti dal programma, non sono amplificati del fattore μ_d come specificato nel § 7.3.3.3 della normativa. Anche gli spostamenti riportati in relazione non sono amplificati, il valore di μ_d è disponibile in relazione nel capitolo delle analisi sismiche.

Quando viene calcolato l'effetto P-delta il programma amplifica automaticamente di μ_d la quota parte di traslazione che deriva dalle analisi sismiche.

La modifica della dimensione del simbolo di valore nodale può essere effettuata con i seguenti comandi:

Opzioni ► **Opzioni sollecitazioni** ► **Simbolo valore nodale** Per la modifica della dimensione è sufficiente fare Click sul testo Simbolo valore nodale ed agire sul contatore a lato.

Il comando Movimenti Nodi permette le seguenti opzioni di controllo:

Traslazione x Rappresentazione delle traslazioni dei nodi in direzione dell'asse globale x;
Traslazione y Rappresentazione delle traslazioni dei nodi in direzione dell'asse globale y;
Traslazione z Rappresentazione delle traslazioni dei nodi in direzione dell'asse globale z;
Rotazione y Rappresentazione delle rotazioni dei nodi attorno all'asse globale y;
Rotazione z Rappresentazione delle rotazioni dei nodi attorno all'asse globale y;
Rotazione z Rappresentazione delle rotazioni dei nodi attorno all'asse globale z;
Rotazione z Rappresentazione delle rotazioni dei nodi attorno all'asse globale z;
Rotazione Rappresentazione della traslazione complessiva dei nodi;
Rotazione Rappresentazione della rotazione complessiva dei nodi.

Traslazione X
Traslazione Y
Traslazione Z
Rotazione X
Rotazione Y
Rotazione Z
Traslazione
Rotazione

(I movimenti sono espressi con unità di misura congruente a quella utilizzata nella modellazione).

Azioni Vincoli

Il controllo dei risultati relativi alle azioni sui nodi, vincolati sia in modo rigido che elastico, avviene mediante mappe di colore. Ad ogni nodo corrisponde un colore, associato ad una legenda che riporta i valori numerici delle azioni di interesse in unità di misura congruenti; in ogni nodo viene visualizzata, inoltre, una forza con direzione e verso dell'azione di interesse e dimensione proporzionale al suo valore.

Il controllo puntuale delle azioni sul nodo vincolato può essere eseguito mediante il comando Controlla.

Le azioni vincolari rappresentano i risultati delle analisi, pertanto non sono amplificate dei fattori di cui al paragrafo § 7.2.5 del D.M.08, né nella mappa. né nelle analisi.

E' possibile modificare la dimensione del simbolo di valore nodale o di vettore, mediante i seguenti comandi:

Opzioni 🕨 Opzioni sollecitazioni 🕨 Sin

Simbolo valore nodale Forze vincoli

Momenti vincoli

Il comando *Azioni vincoli* permette le seguenti opzioni di controllo: *Azione Fx* Rappresentazione delle azioni sui nodi in direzione dell'asse globale x; *Azione Fy* Rappresentazione delle azioni sui nodi in direzione dell'asse globale y; *Azione Fz* Rappresentazione delle azioni sui nodi in direzione dell'asse globale z; *Azione Rx* Rappresentazione delle sollecitazioni alla rotazione attorno all'asse globale x trasmesse ai nodi;

Azione Ry Rappresentazione delle sollecitazioni alla rotazione attorno all'asse globale y trasmesse ai nodi;

Azione Rz Rappresentazione delle sollecitazioni alla rotazione attorno all'asse globale z trasmesse ai nodi;

Azione F Rappresentazione delle azioni complessive sui nodi;

Azione R Rappresentazione delle sollecitazioni complessive alla rotazione trasmesse ai nodi.

(Le Azioni sono espresse con unità di misura congruenti a quella utilizzate nella modellazione).

Azioni Fondazioni

Il controllo dei risultati relativi alle azioni delle fondazioni avviene mediante mappe di colore; ad ogni trave/plinto/palo di fondazione corrisponde una rappresentazione cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle pressioni sul terreno o delle azioni in testa al palo, in unità di misura congruenti.

Le azioni vincolari rappresentano i risultati delle analisi, pertanto non sono amplificate dei fattori di cui al paragrafo § 7.2.5 del D.M.08, né nella mappa, né nelle analisi.

Il comando Azioni Fondazioni permette di attivare le seguenti opzioni di controllo:

Press. plinti Rappresentazione delle pressioni sul terreno per plinti di fondazione superficiali;

Press. travi Rappresentazione delle pressioni sul terreno per travi di fondazione;

Press. platee Rappresentazione delle pressioni sul terreno per platee di fondazione;

Press. Solidi Rappresentazione delle pressioni sul terreno per elementi solidi di fondazione;

Press. totale Rappresentazione delle pressioni sul terreno per tutte le tipologie di elementi di fondazione;

Azioni Fx pali Rappresentazione delle azioni della struttura sui pali, in direzione x;

Azioni Fy pali Rappresentazione delle azioni della struttura sui pali, in direzione y;

Azioni Fz pali Rappresentazione delle azioni della struttura sui pali, in direzione z;

Azioni Rx pali Rappresentazione delle azioni di rotazione attorno all'asse globale x, trasmesse dalla struttura ai pali;

Azioni Ry pali Rappresentazione delle azioni di rotazione attorno all'asse globale y, trasmesse dalla struttura ai pali;

Azioni Rz pali Rappresentazione delle azioni di rotazione attorno all'asse globale z, trasmesse dalla struttura ai pali;

Visualizza diagrammi Permette la rappresentazione mediante diagramma della variazione delle azioni sopra indicate, lungo l'asse del palo.

E' possibile eseguire un controllo puntuale delle azioni mediante il comando Controlla.

Nel caso di <u>plinto superficiale</u> vengono riportati gli spostamenti, le azioni sui vincoli e le pressioni sul terreno nei vertici del plinto.

Finestra di controllo generale	–
 □- Spostamenti e rotazioni □- D =0.27 R = 6.839e-05 dx=-6.412e-03 dy= 1.689e-04 dz=-0.27 rx= 1.411e-05 ry=-6.622e-05 rz= 9.639e-06 □- Azioni sui vincoli □- F =6128.49 M =3089.21 fx=-25.07 fy=29.20 fz=-6128.37 mx=2931.03 my=-788.36 mz=575.11 □- Pressioni sui terreno □- Valori nei vertici: -0.28 -0.27 -0.27 -0.28 	°5
	Genera esecutivi Sincronia report Genera report

Azione Fx Azione Fy Azione Fz Azione Rx Azione Ry Azione Rz Azione F Azione R Nel caso di <u>trave di fondazione</u> vengono riportate le azioni sollecitanti e i valori di pressione minimo, medio e massimo, relativi al lembo destro, centrale, sinistro della trave, variabili lungo l'asse dell'elemento. I valori possono essere controllati in varie posizioni dell'elemento impiegando l'apposito cursore.



Nel caso di <u>platea di fondazione</u> vengono riportate le azioni sollecitanti, i valori della pressione e dello spostamento verticale. I valori possono essere controllati nei nodi dell'elemento impiegando l'apposito cursore.



🗖 Azioni D2

Il controllo dei risultati relativi alle azioni e tensioni negli elementi D2 avviene mediante diagrammi e mappe di colore. Ad ogni trave, pilastro, asta corrisponde un diagramma o una rappresentazione cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle azioni o tensioni, in unità di misura congruenti a quelle utilizzate in fase di modellazione.

Il controllo puntuale delle azioni su travi, pilastri, aste può essere eseguito mediante il comando Controlla.

La modifica della dimensione del simbolo di valore può essere effettuata con i seguenti comandi:

Opzioni ► Opzioni sollecitazioni ► Scala sforzo normale

Scala taglio 2-2 Scala taglio 3-3 Scala momento torcente Scala momento flettente 2-2 Scala momento flettente 3-3

Il comando Azioni D2 permette di attivare le seguenti opzioni di controllo:

Sforzo Normale Diagramma dello sforzo normale (positivo se di trazione e negativo se di compressione);

Taglio 2-2 Diagramma del taglio agente in direzione dell'asse locale 2-2;

Taglio 3-3 Diagramma del taglio agente in direzione dell'asse locale 3-3;

Mom. torcente Diagramma del momento torcente;

Momento 2-2 Diagramma del momento flettente attorno all'asse locale 2-2;

Momento 3-3 Diagramma del momento flettente attorno all'asse locale 3-3;

Tensione N-M Visualizzazione mediante mappa di colore, dei valori di tensione ideale dovuti alle sollecitazioni che generano tensioni normali (sforzo normale e flessioni);

Tensione V-T Visualizzazione mediante mappa di colore dei valori di tensione ideale dovuti alle sollecitazioni che generano tensioni tangenziali (taglio e torsione);

Visualizza mappa Permette la visualizzazione dei valori massimi delle sollecitazioni negli elementi (*Sforzo Normale, Taglio 2-2, Taglio 3-3, Mom. Torcente, Momento 2-2, Momento 3-3*) mediante mappe di colore.

Per attivare la mappa di colore solida, oppure per modificare le scale e le modalità di visualizzazione dei risultati riportati è necessario utilizzare le opzioni attivabili nel seguente modo:

Preferenze ► Opzioni contesto ► Opzioni sollecitazioni ► Mappa D2 solida

Tensioni D3

Il controllo dei risultati relativi alle tensioni negli elementi D3 avviene mediante rappresentazione cromatica. Ad ogni elemento corrisponde la rappresentazione cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle tensioni, in unità di misura congruenti a quelle utilizzate in fase di modellazione. Il controllo puntuale delle tensioni negli elementi D3 può essere eseguito mediante il comando **Controlla**.

Il comando *Tensioni D3* permette di attivare le seguenti opzioni di controllo:

Tens. N 1-1 Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione in direzione locale 1-1; *il segno* riportato nella legenda valori è positivo per tensioni di trazione.

Tens. N 2-2 Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione in direzione locale 2-2; *il segno riportato nella legenda valori è positivo per tensioni di trazione.*



Tens. N 1-2 Mappa cromatica delle tensioni tangenziali relative agli assi 1-2; il segno riportato nella legenda valori è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, la tensione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse 2.



Tensioni N ...

Il comando visualizza il menu a tendina che riporta le seguenti opzioni di visualizzazione:

- *Max princ. N* Mappa cromatica delle tensioni di membrana in direzione principale con valore massimo.
- Min princ. N Mappa cromatica delle tensioni di membrana in direzione principale con valore minimo.
- Date le tensioni di membrana N1-1, N2-2, N1-2, le tensioni principali vengono calcolate con le seguenti espressioni:

$$\sigma_{1}p = \frac{N_{1-1} + N_{2-2}}{2} + \sqrt{\left(\frac{N_{1-1} - N_{2-2}}{2}\right)^{2} + N^{2}_{1-2}}$$
$$\sigma_{2}p = \frac{N_{1-1} + N_{2-2}}{2} - \sqrt{\left(\frac{N_{1-1} - N_{2-2}}{2}\right)^{2} + N^{2}_{1-2}}$$

La direzione delle tensioni principali può essere valutato mediante il comando *Croci N* presente nel menu del comando *Azioni D3.*

 Von Mises N Mappa cromatica delle tensioni di membrana ottenute mediante la formulazione di Von Mises; date le tensioni di membrana N1-1, N2-2, N1-2, le tensioni di Von Mises vengono calcolate con la seguente espressione:

$$\sigma_0 = \sqrt{N_{1-1}^2 + N_{2-2}^2 - N_{1-1}N_{2-2} + 3N_{1-2}^2}$$

• **Tresca x 2 N** Mappa cromatica delle tensioni di membrana ottenute mediante la formulazione di Tresca, moltiplicate per 2.

Tens. M 1-1 Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione (dovute alla flessione) in direzione locale 1-1; il segno riportato nella legenda valori è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia 3+ dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva).

N.B. nelle platee la tensione è usualmente positiva in quanto sono tese le fibre superiori.

Tens. M 2-2 Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione (dovute alla flessione) in direzione locale 2-2; *il segno riportato nella legenda valori è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia* 3+ *dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva).*

N.B. nelle platee la tensione è usualmente positiva in quanto sono tese le fibre superiori.



Tens.M 1-2 Mappa cromatica delle tensioni tangenziali (dovute alla flessione) relative agli assi 1-2; *il segno* riportato nella legenda valori è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, la tensione tangenziale delle fibre poste sulla faccia 3+ è parallela ed equiversa all'asse 2.



Tensioni M...

Il comando visualizza il menu a tendina che riporta le seguenti opzioni di visualizzazione:

• Max princ. M Mappa cromatica delle tensioni di flessione in direzione principale con valore massimo;

• *Min princ. M* Mappa cromatica delle tensioni di flessione in direzione principale con valore minimo;

date le tensioni di flessione M1-1, M2-2, M1-2, le tensioni principali si calcolano con espressioni analoghe a quelle riportate sopra.

• **Von Mises M** Mappa cromatica delle tensioni di flessione ottenute mediante la formulazione di Von Mises.

Date le tensioni di membrana M1-1, M2-2, M1-2, le tensioni di Von Mises si calcolano con espressione analoga a quella riportata sopra.

La direzione delle tensioni principali può essere valutato mediante il comando *Croci M* presente nel menu del comando *Azioni D3.*

• **Tresca x 2 M** Mappa cromatica delle tensioni di flessione ottenute mediante la formulazione di Tresca, moltiplicate per 2.

Tensioni tot. Permette di accedere al menu di controllo delle tensioni totali:

- Von Mises tot. Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises;
- Somma N+M 1-1 Mappa cromatica delle tensioni totali, ottenute dalla somma delle tensioni N 1-1 e delle tensioni M 1-1;
- Somma N-M 1-1 Mappa cromatica delle tensioni totali, ottenute dalla differenza delle tensioni N 1-1 e delle tensioni M 1-1;
- Somma N+M 2-2 Mappa cromatica delle tensioni totali, ottenute dalla somma delle tensioni N 2-2 e delle tensioni M 2-2;
- Somma N-M 2-2 Mappa cromatica delle tensioni totali, ottenute dalla differenza delle tensioni N 2-2 e delle tensioni M 2-2;
- Somma N+M /1-2 / Mappa cromatica delle tensioni totali, ottenute dalla somma dei valori assoluti delle tensioni tangenziali di membrana e di flessione;

Le tensioni somma consentono di ottenere le sollecitazioni all'intradosso e all'estradosso degli elementi D3 (risultato analogo alle tensioni σ =N/A±M/W in direzione locale 1 e 2).

Tens. V 1-3 Mappa cromatica delle tensioni tangenziali dovute all'azione di taglio in direzione 3 ed esercitate sulla faccia 1; *il segno riportato nella legenda valori è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, la tensione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse 3.* La tensione viene calcolata nel seguente modo:

Tens. V1-3 =
$$\frac{1.5 \times V1-3}{\text{spessore}}$$

Tens. V 2-3 Mappa cromatica delle tensioni tangenziali dovute all'azione di taglio in direzione 3 ed esercitate sulla faccia 2; *il segno riportato nella legenda valori è positivo se sulla faccia 2 (faccia perpendicolare all'asse 2) dell'elemento, la tensione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse 3.* La tensione viene calcolata nel seguente modo:

Tens. V2-3 = $\frac{1.5 \times V2-3}{\text{spessore}}$

Tensioni Vettore Questo comando permette l'attivazione della finestra di inserimento dei dati per la definizione della direzione di riferimento (vettore) per cui ottenere le mappe cromatiche definite sopra.

La direzione di riferimento (vettore) rappresenta la direzione locale 1-1; le direzioni 2-2 e 3-3 sono definite di conseguenza mediante la consueta convenzione. L'attivazione delle *Tensioni vettore* è definita mediante la visualizzazione del termine (*v*) a fianco delle opzioni di visualizzazione.

Controllo Ecc.*M*/*N* Questo comando consente il controllo dell'eccentricità dei carichi su volte in muratura. L'eccentricità è data dal rapporto tra le tensioni di flessione e quelle membrana. Le mappe mostrano i seguenti risultati:

- Ecc/th/2 max Mappa cromatica del rapporto di segno positivo peggiore considerando tutte le possibili direzioni tra l'eccentricità e metà dello spessore dell'elemento d3.
- Ecc/th/2 min Mappa cromatica del rapporto di segno negativo peggiore considerando tutte le possibili direzioni tra l'eccentricità e metà dello spessore dell'elemento d3.
- [Ecc/th/2 max] Mappa cromatica del rapporto peggiore in valore assoluto considerando tutte le possibili direzioni tra l'eccentricità e metà dello spessore dell'elemento d3.
- Ecc/th/2 1-1 Mappa cromatica del rapporto tra l'eccentricità calcolata con le tensioni in direzione dell'asse locale 1 dell'elemento d3 e metà dello spessore dello stesso.
- Ecc/th/2 2-2 Mappa cromatica del rapporto tra l'eccentricità calcolata con le tensioni in direzione dell'asse locale 2 dell'elemento d3 e metà dello spessore dello stesso.
- Ecc/th/2 N max Mappa cromatica del rapporto tra l'eccentricità calcolata con le tensioni principali di membrana massime e metà dello spessore dell'elemento d3.
- Ecc/th/2 N min Mappa cromatica del rapporto tra l'eccentricità calcolata con le tensioni principali di membrana minime e metà dello spessore dell'elemento d3.
- Ecc/th/2 M max Mappa cromatica del rapporto tra l'eccentricità calcolata con le tensioni principali di flessione massime e metà dello spessore dell'elemento d3.
- Ecc/th/2 M min Mappa cromatica del rapporto tra l'eccentricità calcolata con le tensioni principali di flessione minime e metà dello spessore dell'elemento d3.

Azioni D3

Il controllo dei risultati relativi alle azioni negli elementi D3 avviene mediante rappresentazione cromatica. Ad ogni elemento corrisponde la rappresentazione cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle azioni, in unità di misura congruenti.

La modifica della dimensione del simbolo di valore può essere effettuata con i seguenti comandi:

Opzioni 🕨 Opzioni sollecitazioni 🕨

Croci di membrana Croci di flessione Simbolo azioni vettore

Per la modifica della dimensione è sufficiente fare Click sul testo ed agire sul contatore a lato.

Il comando Azioni D3 permette di attivare le seguenti opzioni di controllo:

Azione N 1-1 Mappa cromatica delle azioni che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 1-1; il segno riportato nella legenda valori è positivo per azioni di trazione.

Azione N 2-2 Mappa cromatica delle azioni che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 2-2; il segno riportato nella legenda valori è positivo per azioni di trazione.



Azione N 1-2 Mappa cromatica delle azioni tangenziali relative agli assi 1-2; *il segno riportato nella legenda* valori è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, l'azione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse 2.



Azione M 1-1 Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 1-1; *il segno riportato nella legenda valori è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia 3+ dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva).*

N.B. nelle platee l'azione è usualmente positiva in quanto sono tese le fibre superiori.

Azione M 2-2 Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 2-2; il segno riportato nella legenda valori è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia 3+ dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva).

N.B. nelle platee l'azione è usualmente positiva in quanto sono tese le fibre superiori.



Azione M 1-2 Mappa cromatica delle azioni di flessione che generano tensioni tangenziali relative agli assi 1-2; il segno riportato nella legenda valori è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, la tensione tangenziale delle fibre poste sulla faccia 3+ è parallela ed equiversa all'asse 2.



Somma M1-1 /**1-2**/ Mappa cromatica delle azioni ottenute dalla somma delle azioni M1-1 e della rispettiva azione torcente M1-2 presa in valore assoluto.

Somma M2-2 /**1-2**/ Mappa cromatica delle azioni ottenute dalla somma delle azioni M2-2 e della rispettiva azione torcente M1-2 presa in valore assoluto.

Azione V1-3 Mappa cromatica dell'azione di taglio in direzione 3 relativa alla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento; il segno è positivo se l'azione tagliante è parallela ed equiversa all'asse 3.

Azione V2-3 Mappa cromatica dell'azione di taglio in direzione 3 relativa alla faccia 2 (faccia perpendicolare all'asse 2) dell'elemento; il segno è positivo se l'azione tagliante è parallela ed equiversa all'asse 3.

Max princ. N Mappa cromatica delle azioni di membrana in direzione principale con valore massimo.

Min princ. N Mappa cromatica delle azioni di membrana in direzione principale con valore minimo.

Le formule per la definizione delle azioni principali sono analoghe a quelle riportate sopra.

Le direzioni principali possono essere valutate mediante il comando *Croci N* presente nel menu del comando *Azioni D3.*

Croci N Visualizza le direzioni principali per le azioni di membrana con dimensione delle astine proporzionali ai valori

Max princ. M Mappa cromatica delle azioni di flessione in direzione principale con valore massimo.

Min princ. M Mappa cromatica delle azioni di flessione in direzione principale con valore minimo

Le formule per la definizione delle azioni principali sono analoghe a quelle riportate sopra.

Croci M Visualizza le direzioni principali per le azioni di flessione con dimensione delle astine proporzionali ai valori.

Azioni Vettore Questo comando permette l'attivazione della finestra di inserimento dei dati per la definizione della direzione di riferimento (vettore) per cui ottenere le mappe cromatiche definite sopra.

La direzione di riferimento (vettore) rappresenta la direzione locale 1-1; le direzioni 2-2 e 3-3 sono definite di conseguenza mediante la consueta convenzione. L'attivazione delle *Azioni vettore* è definita mediante la visualizzazione del termine (*v*) a fianco delle opzioni di visualizzazione.

Azioni macro (attive per elementi verticali) Tali azioni sono equivalenti per tipologia e significato alle 6 azioni relative ad un elemento D2 (pilastro).



Azione N membr. Mappa cromatica delle azioni assiali in direzione Z del sistema di riferimento globale. Tale azione è quella complessiva agente sulla parete.



Azione V membr. Mappa cromatica delle azioni taglianti agenti nel piano del macroelemento. Tale azione è quella complessiva agente sul macroelemento.



Azione V orto Mappa cromatica delle azioni taglianti agenti in direzione perpendicolare al piano del macroelemento. Tale azione è quella complessiva agente sul macroelemento.



Azione M membr. Mappa cromatica delle azioni flessionali agenti nel piano del macroelemento. La coppia flettente è contenuta nel piano del macroelemento e ruota attorno ad un asse perpendicolare ad esso. Tale azione è quella complessiva agente sul macroelemento.



Azione M orto Mappa cromatica delle azioni flessionali agenti in direzione perpendicolare al macroelemento. La coppia flettente ruota attorno ad un asse contenuto nel macroelemento. Tale azione è quella complessiva agente sul macroelemento.



Azione T (torsione) Mappa cromatica delle azioni torcenti agenti nel macroelemento. Tale azione è quella complessiva agente sul macroelemento.

Le azioni macro sono disponibili anche in stampa nel capitolo Risultati elementi tipo Shell.

Deformazioni

Il controllo dei risultati relativi alle deformazioni della struttura avviene sia mediante visualizzazione della struttura deformata che mediante mappe cromatiche. Ad ogni elemento, visualizzato con mappa cromatica, è associata una legenda che riporta i valori numerici dei parametri di interesse, in unità di misura congruenti.

Il controllo puntuale delle deformazioni può essere eseguito mediante il comando *Controlla*.

La modifica della dimensione della scala o della velocità di animazione della deformata può essere effettuata con i seguenti comandi:

Opzioni ► Opzioni sollecitazioni ► Scala deformazioni Velocità animazione

Il comando *Deformazioni* permette di attivare le seguenti opzioni di controllo:

Deformata Rappresentazione, mediante mappa cromatica, della struttura deformata.

Deformata + Indef. Rappresentazione, mediante mappa cromatica, della struttura deformata sovrapposta a quella indeformata.

Deformata solida Rappresentazione, in vista solida, della struttura deformata. **Deformata solida + indef.** Rappresentazione, in vista solida, della struttura

deformata sovrapposta a quella indeformata.

Deformata unifilare Rappresentazione, in vista unifilare, della struttura deformata.

Deformata
Deformata + indef.
Deformata solida
Deformata solida + indef.
Deformata unifilare
Deformata unifilare + indef.
Animazione
Relativa
Freccia D2
Periodo proprio
Periodo proprio Esporta mov. nodali
Periodo proprio Esporta mov. nodali Sismica 1000/H
Periodo proprio Esporta mov. nodali Sismica 1000/H Sismica 1000/H (nodi)
Periodo proprio Esporta mov. nodali Sismica 1000/H Sismica 1000/H (nodi) Sismica SLV 7.3.3.3
Periodo proprio Esporta mov. nodali Sismica 1000/H Sismica 1000/H (nodi) Sismica SLV 7.3.3.3 Sismica informazioni
Periodo proprio Esporta mov. nodali Sismica 1000/H Sismica 1000/H (nodi) Sismica SLV 7.3.3.3 Sismica informazioni Isolatori sismici
Periodo proprio Esporta mov. nodali Sismica 1000/H Sismica 1000/H (nodi) Sismica SLV 7.3.3.3 Sismica informazioni Isolatori sismici P-delta X

Deformata unifilare + indef. Rappresentazione, in vista unifilare, della struttura deformata sovrapposta a quella indeformata.

Animazione Diagramma della struttura deformata, con rappresentazione animata dei movimenti.

Relativa Rappresentazione, mediante mappa cromatica e legenda, dei valori degli spostamenti relativi dei nodi di estremità degli elementi 2D. I valori riportati in legenda, rappresentano l'entità degli spostamenti in unità di misura congruenti.

Freccia D2 Rappresentazione, mediante mappa di colore e legenda, dei valori della freccia degli elementi 2D. I valori riportati in legenda, rappresentano l'entità della freccia in unità di misura congruenti.

Periodo proprio Rappresentazione, mediante mappa di colore e legenda, dei valori del periodo proprio delle travi (espresso in secondi). Il periodo dipende dalla rigidezza delle travi e dai carichi applicati nella combinazione corrente.

Sismica 0.002 (Attiva solamente utilizzando il D.M.96 e per combinazioni sismiche) Rappresentazione, mediante mappa cromatica e legenda dei valori, del rapporto tra gli spostamenti relativi totali dei nodi di estremità degli elementi e il valore massimo ammissibile pari a $0.002 \times h$; i valori riportati sono verificati se inferiori ad 1; nel caso in cui il massimo spostamento relativo totale sia uguale al valore massimo ammissibile, il valore massimo riportato in legenda è. (Decreto 16 Gennaio 1996, punto C.6.3)

Sismica 0.004 (Attiva solamente utilizzando il D.M.96 e per combinazioni sismiche) Rappresentazione, mediante mappa cromatica e legenda dei valori, del rapporto tra gli spostamenti relativi totali dei nodi di estremità degli elementi e il valore massimo ammissibile pari a $0.004 \times h$; i valori riportati sono verificati se inferiori ad 1; nel caso in cui il massimo spostamento relativo totale sia uguale al valore massimo ammissibile, il valore massimo riportato in legenda è 1. (Decreto 16 Gennaio 1996, punto C.6.3)

Nota: Il comando del menu deformazioni, permette di effettuare un'operazione di controllo e verifica sugli spostamenti relativi totali dei nodi di estremità degli elementi che si presentano nella struttura per la combinazione di carico sismica corrente. Gli spostamenti relativi totali *ht* in combinazioni sismiche vengono determinati convenzionalmente secondo le indicazioni dettate dalla normativa (*Decreto 16 Gennaio 1996, punto C.6.3*):

$$ht = \frac{(hp \pm l \times hd)}{x}$$

dove:

- *ht* è lo spostamento relativo totale tra due punti (nodi) della struttura;
- *hd* è lo spostamento relativo tra i medesimi due punti (nodi) della struttura dovuto al sisma (spostamento ottenuto per il caso di carico sismico);
- hp è lo spostamento relativo tra i medesimi due punti (nodi) della struttura dovuto agli altri carichi (spostamento ottenuto per i casi di carico escluso quello di vento);
- I = 2 quando il coefficiente di protezione sismica I = 1;
- I = 3 quando il coefficiente di protezione sismica I = 1.2;
- I = 4 quando il coefficiente di protezione sismica I = 1.4;
- x = 1 se si utilizza il metodo di progettazione alle tensioni ammissibili;
- x = 1.5 se si usa il metodo di progettazione agli stati limiti.

Impiegando il metodo di progettazione alle tensioni ammissibili (x = 1) e supponendo il coefficiente I = 1, l'espressione precedente diventa:

$$ht = \frac{(hp \pm 2 \times hd)}{1}$$

da cui si ottengono i valori di spostamento per effettuare il controllo richiesto. Nelle strutture intelaiate è possibile effettuare il controllo degli spostamenti relativi totali ht di punti appartenenti a due piani successivi mediante le opzioni **Sismica 0.002** e **Sismica 0.004** secondo quanto riportato nella vigente normativa.

Sismica 0.004 (nodi) (Attiva solamente utilizzando il D.M.96 e per combinazioni sismiche) Rappresentazione, mediante mappa cromatica e legenda dei valori, del rapporto tra gli spostamenti relativi totali dei **nodi visibili** di estremità degli elementi e il valore massimo ammissibile pari a $0.004 \times h$ (dove h è la distanza tra due nodi successivi visibili). Se negli elementi sono presenti nodi intermedi di cui si desidera trascurare l'influenza, è sufficiente nasconderli e rigenerare il risultato. Il controllo della sismica 0.004 viene realizzato solamente sui nodi visibili che mi individuano gli elementi di interesse (Controllo di setti o pilastri suddivisi da nodi).

I valori riportati sono verificati se inferiori ad 1 (nel caso in cui il massimo spostamento relativo totale sia uguale al valore massimo ammissibile, il valore massimo riportato in legenda è 1) (Decreto 16 Gennaio 1996, punto C.6.3). **Sismica 0.002 (nodi)** (Attiva solamente utilizzando il D.M.96 e per combinazioni sismiche) Rappresentazione, mediante mappa cromatica e legenda dei valori, del rapporto tra gli spostamenti relativi totali dei **nodi visibili** di estremità degli elementi e il valore massimo ammissibile pari a 0.002 x h (dove h è la distanza tra due nodi successivi visibili). Se negli elementi sono presenti nodi intermedi di cui si desidera trascurare l'influenza, è sufficiente nasconderli e rigenerare il risultato. Il controllo della sismica 0.002 viene realizzato solamente sui nodi visibili che mi individuano gli elementi di interesse (Controllo di setti o pilastri suddivisi da nodi).

I valori riportati sono verificati se inferiori ad 1 (nel caso in cui il massimo spostamento relativo totale sia uguale al valore massimo ammissibile, il valore massimo riportato in legenda è 1) (Decreto 16 Gennaio 1996, punto C.6.3).

Sismica 1000/H (Attiva solamente utilizzando l'O.P.C.M. 3274 o il D.M.08 e per combinazioni sismiche del tipo SLD o SLO) Rappresentazione, mediante mappa cromatica e legenda dei valori, degli spostamenti relativi dei nodi di estremità degli elementi pilastro, espressi in modo indipendente dall'altezza di interpiano. In altre parole, il valore riportato nella mappa cromatica è quello dello spostamento di interpiano, moltiplicato per 1000 e diviso per l'altezza di interpiano; i valori riportati sono verificati se inferiori a quelli riportati nella normativa in base alla tipologia di struttura. (O.P.C.M. 3274, punto 4.11.2, D.M. 08 paragrafo 7.3.7.2) ad esempio per edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura il valore massimo deve essere < 5.

Sismica 1000/H (nodi) (Attiva solamente utilizzando l'O.P.C.M. 3274 o il D.M.08 e per combinazioni sismiche del tipo SLD o SLO) Rappresentazione, mediante mappa cromatica e legenda dei valori, degli spostamenti relativi dei nodi di estremità degli elementi di interpiano, espressi in modo indipendente dall'altezza di interpiano. In altre parole, il valore riportato nella mappa cromatica è quello dello spostamento di interpiano, moltiplicato per 1000 e diviso per l'altezza di interpiano, dove l'altezza di interpiano è la distanza tra due **nodi successivi visibili**. Per l'individuazione dell'interpiano è sufficiente nascondere i nodi che non sono alla quota di interesse. I valori riportati sono verificati se inferiori a quelli riportati nella normativa in base alla tipologia di struttura. (O.P.C.M. 3274, punto 4.11.2, D.M. 08 paragrafo 7.3.7.2) ad esempio per edifici in muratura ordinaria il valore massimo deve essere < 3.

Sismica SLV 7.3.3.3 (Attiva solamente utilizzando l'O.P.C.M. 3274 o il D.M.08 e per i casi di carico/combinazioni sismiche del tipo SLV) Rappresentazione, mediante mappa cromatica e legenda, delle traslazioni dei nodi della struttura, sotto l'azione del sisma, amplificati del fattore μ_d come specificato nel §7.3.3.3 della normativa.

Traslazione X * mud Spostamenti dei nodi della struttura in direzione X amplificati del fattore μ_d . **Traslazione Y * mud** Spostamenti dei nodi della struttura in direzione Y amplificati del fattore μ_d . **Traslazione Z * mud** Spostamenti dei nodi della struttura in direzione Z amplificati del fattore μ_d .

Sismica informazioni Permette di evidenziare graficamente utili informazioni sulle analisi effettuate.

Distribuzione Massa Il programma individua l'insieme delle quote di interesse (in relazione ai nodi visibili); per ogni quota di interesse effettua la sommatoria delle masse sismiche (masse effettivamente considerate nell'analisi dinamica o statica espresse in unità di forza) appartenenti ai nodi visibili.

Partecipaz. X-X II programma mostra come risultato nodale il prodotto della massa sismica (espressa in unità di forza) per lo spostamento modale. La sommatoria, al solito disponibile nella statistica della mappa, rappresenta il contributo al fattore di partecipazione pX dei nodi selezionati. Nel caso in cui tutti i nodi siano visibili e selezionati il risultato rappresenta il fattore di partecipazione pX*g; la massa modale eccitata è legata al fattore di partecipazione p dalla relazione m=p*p.

Partecipaz. Y-Y II programma mostra come risultato nodale il prodotto della massa sismica (espressa in unità di forza) per lo spostamento modale. La sommatoria, al solito disponibile nella statistica della mappa, rappresenta il contributo al fattore di partecipazione pY dei nodi selezionati. Nel caso in cui tutti i nodi siano visibili e selezionati il risultato rappresenta il fattore di partecipazione pY*g; la massa modale eccitata è legata al fattore di partecipazione p dalla relazione m=p*p.

Partecipaz. Z-Z II programma mostra come risultato nodale il prodotto della massa sismica (espressa in unità di forza) per lo spostamento modale. La sommatoria, al solito disponibile nella statistica della mappa, rappresenta il contributo al fattore di partecipazione pZ dei nodi selezionati. Nel caso in cui tutti i nodi siano visibili e selezionati il risultato rappresenta il fattore di partecipazione pZ*g; la massa modale eccitata è legata al fattore di partecipazione p dalla relazione m=p*p.

Somma V [X-X] Azione globale agente su pilastri in direzione X. II programma individua l'insieme delle quote di interesse (in relazione ai nodi visibili); per ogni quota di interesse effettua la sommatoria del contributo dei pilastri (visibili) che spiccano dalla quota.

Somma V [Y-Y] Azione globale agente su pilastri in direzione Y.

Somma N [Z-Z] Azione globale agente su pilastri in direzione Z.

Isolatori sismici Permette di effettuare il controllo dei risultati sugli isolatori sismici, per ulteriori approfondimenti si veda il capitolo 25 del presente manuale "Isolatori Sismici Elastomerici".

P-delta X Permette di visualizzare per ogni elemento, mediante mappa di colore, il valore di theta (vedere il paragrafo delle Analisi Avanzate) in direzione dell'asse X globale.

P-delta **Y** Permette di visualizzare per ogni elemento, mediante mappa di colore, il valore di theta (vedere il paragrafo delle Analisi Avanzate) in direzione dell'asse Y globale.

Tensioni Solidi

Il controllo dei risultati relativi alle tensioni negli elementi solidi avviene mediante rappresentazione dell'elemento attraverso una mappa cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle tensioni, in unità di misura congruenti.

Le componenti ad indici uguali (σ_{ii}) rappresentano le tensioni normali agenti sui piani ortogonali ai versori dello stesso indice, mentre le componenti ad indici distinti (σ_{ii}) rappresentano le tensioni tangenziali relative

alle corrispondenti coppie di direzioni. L'insieme σ delle nove componenti definite prende il nome di *tensore degli sforzi* ed è rappresentato dalla matrice:



Il controllo puntuale delle tensioni negli elementi solidi può essere eseguito mediante il comando *Controlla*. Il comando *Tensioni solidi* permette di attivare le seguenti opzioni di controllo:

Tensione X-X Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione in direzione globale X-X, *il segno* riportato nella legenda valori è positivo per tensioni di trazione;

Tensione Y-Y Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione in direzione globale Y-Y, *il segno riportato nella legenda valori è positivo per tensioni di trazione;*

Tensione Z-Z Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione in direzione globale Z-Z, *il segno riportato nella legenda valori è positivo per tensioni di trazione;*

Tensione X-Y Mappa cromatica delle tensioni tangenziali relative alle corrispondenti coppie di direzioni, *il* segno riportato nella legenda valori è positivo se sulla faccia X (faccia perpendicolare all'asse X) dell'elemento, la tensione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse Y;

Tensione Y-Z Mappa cromatica delle tensioni tangenziali relative alle corrispondenti coppie di direzioni, *il* segno riportato nella legenda valori è positivo se sulla faccia Y (faccia perpendicolare all'asse Y) dell'elemento, la tensione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse Z;

Tensione Z-X Mappa cromatica delle tensioni tangenziali relative alle corrispondenti coppie di direzioni, *il* segno riportato nella legenda valori è positivo se sulla faccia Z (faccia perpendicolare all'asse Z) dell'elemento, la tensione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse X;

Tresca x2 Mappa cromatica delle tensioni ottenute mediante la formulazione di Tresca;

Von Mises Mappa cromatica delle tensioni ottenute mediante la formulazione di Von Mises;

Principale Max. Mappa cromatica delle tensioni in direzione principale con valore massimo;

Principale Min. Mappa cromatica delle tensioni in direzione principale con valore minimo;

Principale Int. Mappa cromatica delle tensioni in direzione principale con valore intermedio;

Principali Croci Mostra le direzioni principali di tensione con dimensione delle astine proporzionali ai valori; **Tensione 1-1 (v)** Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione in direzione locale 1-1, definita dalla direzione del vettore, *il segno riportato nella legenda valori è positivo per tensioni di trazione;*

Tensione 1-2 (v) Mappa cromatica delle tensioni tangenziali relative alle corrispondenti coppie di direzioni; **Tensione 1-3 (v)** Mappa cromatica delle tensioni tangenziali relative alle corrispondenti coppie di direzioni;

Setta vettore (v) Questo comando permette l'attivazione della finestra di inserimento dei dati per la definizione della direzione di riferimento (vettore) per cui ottenere le mappe cromatiche definite sopra (v). La definizione del vettore individua una terna di riferimento locale formata dagli assi 1, 2, 3.

Risultati globali

(Funzione attiva solamente per casi di carico e combinazioni prive di sismi dinamici se si utilizza il solutore Algor; funzione attiva per tutti i casi di carico, anche quelli con sismi dinamici, se si utilizza il solutore e_SAP).

Il comando consente la visualizzazione dei risultati sotto forma di risultante relativa ad un gruppo di elementi.

Per utilizzare i *Risultati globali* è necessario, prima di eseguire l'analisi, attivare l'opzione azioni elementari cliccando, all'interno del *Contesto assegnazione carichi,* sui comandi: *Modifica* ► *Selezione del solutore.*

– Impostazioni output –	
impostazioni output	
🗖 dati elementi	🗖 spostamenti 🔲 sollecitazioni
🔽 azioni elementari	🔲 energie modali

Per la visualizzazione delle azioni globali è necessario eseguire i seguenti comandi:

1. Nel contesto di Visualizzazione dei risultati attivare uno dei seguenti comandi:



Vedi casi di carico

📓 Vedi combinazione

- 2. Selezionare gli elementi di cui si desidera ottenere i risultati globali (gruppo di pilastri, gruppo di setti ecc..);
- Selezionare i nodi di estremità degli elementi di interesse, per definire la quota o l'ascissa di riferimento per la valutazione de<u>i risul</u>tati globali;
- 4. Premere il comando **Risultati globali** e scegliere la tipologia di risultati da visualizzare.

In alternativa è possibile attivare il risultato eseguendo i seguenti comandi:

1. <u>Nel contesto di Visualizzazione dei risultati attivare uno dei seguenti i comandi:</u>

Vedi casi di carico

🖬 Vedi combinazione

- 2. Selezionare i nodi in cui si desidera ottenere i risultati globali (al piede di un gruppo di pilastri, gruppo di setti ecc..);
- Premere il comando Risultati globali → Direzione di selezione Indicare un vettore che ha come primo nodi uni dei nodi selezionati e come secondo nodo uno che indica la direzione di selezione, (ad esempio in un pilastro, il nodo in testa); premere OK, premere Esci;
- 4. Premere il comando **Risultati globali** e scegliere la tipologia di risultati da visualizzare.

Attivando il risultato di interesse, viene rappresentata la sezione degli oggetti selezionati, alla quota di interesse, mediante retinatura piena. Sono riportate le immagini relative a due pilastri in c.a. e ad un gruppo di setti in c.a.

I risultati visualizzabili in modalità globale sono i seguenti:

Sollecitazione Fx Sollecitazione risultante in direzione X globale.

Sollecitazione Fy Sollecitazione risultante in direzione Y globale.

Sollecitazione Fz Sollecitazione risultante in direzione Z globale.

Sollecitazione Rx Sollecitazione flettente risultante per rotazione attorno all'asse X globale.

Sollecitazione Ry Sollecitazione flettente risultante per rotazione attorno all'asse Y globale.

Sollecitazione Rz Sollecitazione flettente risultante per rotazione attorno all'asse Z globale.

Sollecitazione F Sollecitazione risultante derivante dalla composizione delle direzioni X, Y, Z. **Sollecitazione R** Sollecitazione flettente risultante, derivante dalla composizione delle direzioni X, Y, Z





I risultati sono riportati in corrispondenza del baricentro della sezione selezionata.

La modifica delle opzioni di visualizzazione dei risultati globali può essere effettuata con i seguenti comandi:

Opzioni ► Opzioni sollecitazioni ► Forze vincoli

Esporta sollecitazioni Consente il salvataggio delle sollecitazioni globali creando un file tipo .csv.

Direzione selezione Consente la selezione degli elementi di interesse, relativi ai nodi selezionati, assegnando, nella finestra *Definizione traslazione*, una coppia di punti.

Il primo punto viene assegnato facendo Click con il mouse su uno dei nodi selezionati (quota o ascissa di interesse), il secondo punto viene assegnato facendo Click con il mouse su un nodo che si trova sul lato dove stanno gli elementi di interesse.

Annulla selezione Consente annullare la selezione degli elementi di interesse.

I comandi **Max** e **Min** consentono di visualizzare la combinazione (o il caso di carico) che riporta il valore minimo del risultato corrente.

I comandi sono attivi per qualunque risultato nel quale sia visualizzata la mappa di colore con i risultati. Per effettuare il controllo della combinazione in cui c'è il massimo (o minimo) valore è necessario: attivare un risultato (ad es. traslazione dei nodi, sforzo normale, ...), Cliccare Max (o Min); il programma mostrerà la combinazione con il valore massimo (o minimo) ricercato tra le combinazioni dello stesso tipo (ad es. T.Amm., SLU, SLU con sisma,...).

Controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto della struttura

Per effettuare la visualizzazione dei risultati relativi ad un singolo oggetto (nodo, elemento 2D, elemento 3D) è necessario attivare i seguenti comandi:

1. Nel contesto di Visualizzazione dei risultati attivare uno dei seguenti comandi:

Vedi casi di carico Per visualizzare i risultati relativi ai casi di carico.

Vedi combinazione Per visualizzare i risultati relativi alle combinazioni di carico.

Vedi dinamica Per visualizzare i risultati relativi ai casi di carico Edk.

- 2. Attivare un'opzione di visualizzazione dei risultati;
- 3. Premere il comando *Controlla* per effettuare il controllo dei risultati relativi ad un singolo oggetto;
- 4. Fare Click con il mouse sull'elemento che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* visualizzata, sono riportati tutti i risultati relativi all'oggetto, la cui tipologia e il cui valore possono essere controllati in varie posizioni dell'elemento impiegando l'apposito cursore;
- 5. Premere il tasto di avanzamento per scorrere tra i risultati relativi ad altri casi di carico/combinazioni;
- 6. Premere il consueto tasto di chiusura della finestra per uscire dalla visualizzazione dei risultati.

Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo nodo

Per effettuare la visualizzazione dei risultati relativi ad un singolo nodo è necessario attivare i comandi sopra definiti, validi per qualsiasi tipologia di elemento, nella *Finestra di controllo generale* visualizzata sono riportati i seguenti risultati relativi al nodo:

Spostamenti e rotazioni

- **D** Spostamento complessivo ottenuto dalla composizione delle tre componenti dx, dy, dz;
- dx Componente di spostamento in direzione X;
- dx Componente di spostamento in direzione Y;
- dx Componente di spostamento in direzione Z;
- **R** Rotazione complessiva del nodo;
- rx Rotazione attorno all'asse X;
- **ry** Rotazione attorno all'asse Y;
- **rz** Rotazione attorno all'asse Z.

Azioni sui vincoli (per nodi con vincolo rigido, elastico o fondazione)

F Azione complessiva sul vincolo ottenuta dalla composizione delle componenti fx, fy, fz;

M Azione flessionale complessiva sul vincolo ottenuta dalla composizione delle componenti mx, my, mz;

- **fx** Componente dell'azione sul vincolo in direzione X;
- fy Componente dell'azione sul vincolo in direzione Y;
- fz Componente dell'azione sul vincolo in direzione Z;

 \boldsymbol{mx} Componente dell'azione flessionale per rotazione attorno all'asse X;

my Componente dell'azione flessionale per rotazione attorno all'asse Y;

mz Componente dell'azione flessionale per rotazione attorno all'asse Z.

Sollecitazioni nei pali (per nodi con fondazione su pali)

fx Componente dell'azione sul singolo palo in direzione X;

fy Componente dell'azione sul singolo palo in direzione Y;

fz Componente dell'azione sul singolo palo in direzione Z;

mx Componente dell'azione flessionale sul singolo palo per rotazione attorno all'asse X;

my Componente dell'azione flessionale sul singolo palo per rotazione attorno all'asse Y;

mz Componente dell'azione flessionale sul singolo palo per rotazione attorno all'asse Z;

V Azione tagliante complessiva sul singolo palo;

M Azione flettente complessiva sul singolo palo.

Finestra di controllo generale	– – ×
□ Spostamenti e rotazioni □ D =0.11 R = 3.880e-05 dx= 4.064e-03 dy= 7.395e-03 dz=-0.11 rx=-3.594e-05 ry= 3.697e-06 rz= 1.415e-05 □ Azioni sui vincoli □ □ □ F=4237.52 M =6241.04 fx=68.75 fy=71.89 fz=-4236.35 mx=1083.37 my=-6130.19 mz=444.56 □ Sollecitazioni nei pali □ □ □ fx=68.75 fy=71.89 fz=-4236.35 mx=-1083.37 my=-6130.19 mz=444.56 V=99.47 M=6225.18	17 Genera Sincronia Genera report Posizione corrente = 0.0

Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D2

Per effettuare la visualizzazione dei risultati relativi ad un singolo elemento D2 è necessario attivare i comandi sopra definiti, validi per qualsiasi tipologia di elemento, nella *Finestra di controllo generale* visualizzata sono riportati i seguenti risultati relativi all'elemento D2:

Azioni T V2-2 V3-3

7 Azione torcente per rotazione della sezione attorno all'asse locale 1 (asse rosso);

V2-2 Azione di taglio in direzione locale 2 (asse verde);

V3-3 Azione di taglio in direzione locale 3 (asse blu).

Azioni N M2-2 M3-3

N Azione assiale in direzione dell'asse locale 1 (asse rosso);

M2-2 Azione flettente per rotazione della sezione attorno all'asse locale 2 (asse verde);

M3-3 Azione flettente per rotazione della sezione attorno all'asse locale 3 (asse blu).

Stato deformativo

Freccia dir. 2 Rappresenta la differenza di spostamento in direzione dell'asse locale 2 (asse verde) tra il punto di massimo abbassamento lungo l'asse dell'elemento e la congiungente i nodi di estremità, in configurazione deformata;

Freccia dir. 3 Rappresenta la differenza di spostamento in direzione dell'asse locale 3 (asse blu) tra il punto di massimo spostamento lungo l'asse dell'elemento e la congiungente i nodi di estremità, in configurazione deformata.



Controllo puntuale dei risultati relativi ad un singolo elemento D3

Per effettuare la visualizzazione dei risultati relativi ad un singolo elemento D3 è necessario attivare i comandi sopra definiti, validi per qualsiasi tipologia di elemento, nella *Finestra di controllo generale* visualizzata sono riportati i seguenti risultati relativi all'elemento D3:

Azioni D3

N 11 Azioni che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 1-1, il segno è positivo per tensioni di trazione;

N 22 Azioni che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 2-2, il segno è positivo per tensioni di trazione;

N 12 Azioni tangenziali relative agli assi 1-2, il segno è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, l'azione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse 2;

M 11 Azioni di flessione che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 1-1, il segno è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia 3+ dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva);

M 22 Azioni di flessione che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 2-2, il segno è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia 3+ dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva);

M 12 Azioni di flessione che generano tensioni tangenziali relative agli assi 1-2; il segno è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, la tensione tangenziale delle fibre poste sulla faccia 3+ è parallela ed equiversa all'asse 2.

Tensioni D3

N 11 Tensioni di compressione o trazione in direzione locale 1-1, il segno è positivo per tensioni di trazione;

N 22 Tensioni di compressione o trazione in direzione locale 2-2, il segno è positivo per tensioni di trazione;

N 12 Tensioni tangenziali relative agli assi 1-2, il segno è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, la tensione tangenziale è parallela ed equiversa all'asse 2;

M 11 Tensioni di compressione o trazione (dovute alla flessione) in direzione locale 1-1; il segno è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia 3+ dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva);

M 22 Tensioni di compressione o trazione (dovute alla flessione) in direzione locale 2-2; il segno è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia 3+ dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva);

M 12 Tensioni tangenziali (dovute alla flessione) relative agli assi 1-2; il segno è positivo se sulla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento, la tensione tangenziale delle fibre poste sulla faccia 3+ è parallela ed equiversa all'asse 2;

Von Mises N Tensioni membranali ottenute mediante la formulazione di Von Mises;

Von Mises M Tensioni flessionali ottenute mediante la formulazione di Von Mises;

Von Mises sum Tensioni totali (membranali + flessionali) ottenute mediante la formulazione di Von Mises.

Pressioni D3

Pressione Valore di pressione nel nodo corrente dell'elemento;

Spost. vert. Valore dello spostamento verticale del nodo corrente dell'elemento.



I comandi di gestione delle analisi avanzate: il menu Comandi avanzati

Nel contesto di *Visualizzazione dei risultati* è consentito effettuare la selezione di opzioni di visualizzazione dei risultati e di metodologie di analisi.

Per effettuare le selezioni è sufficiente attivare i seguenti comandi:

Modifica ► *Comandi avanzati...* Si attiva il menu di selezione delle analisi avanzate ed i comandi delle opzioni di visualizzazione dei risultati.



Analisi avanzate

Opzione che permette la selezione della un'analisi di risposta in frequenza (ALGOR rel 12.0 o superiore e part 8520 necessari), di buckling (ALGOR rel 12.0 o superiore e part 8520 necessari), e stimare l'entità dell'effetto P-delta per i pilastri.

Per entrare nella *Tabella per le analisi avanzate* è necessario attivare i seguenti comandi: Nel Contesto di *Visualizzazione dei risultati* attivare:

Modifica ► *Comandi avanzati...* ► *Analisi avanzate* Viene visualizzata la *Tabella per analisi avanzate* che contiene al suo interno le seguenti cartelle:

Effetto P-Delta Permette di stimare l'entità dell'effetto P-Delta per i pilastri; l'entità dell'effetto è stimata secondo quanto previsto nel D.M. 2008 paragrafo 7.3.1, EC3 punto 5.2.6.2 (6) e in AISC LRFD capitolo C punto C1-4.

Il paragrafo 7.3.1 del D.M. 2008 prescrive "Le non linearità geometriche sono prese in conto, quando necessario, attraverso il fattore **θ** appresso definito. In particolare, per le costruzioni civili ed industriali esse possono essere trascurate nel caso in cui ad ogni orizzontamento risulti:

$$\theta = \frac{P \cdot d_r}{V \cdot h} \le 0, 1$$

dove:

P è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame

dr è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano, ovvero la differenza tra lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento considerato e lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento immediatamente sottostante;

V è la forza orizzontale totale in corrispondenza dell'orizzontamento in esame;

h è la distanza tra l'orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante.

Quando θ è compreso tra 0,1 e 0,2 gli effetti delle non linearità geometriche possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a 1/(1- θ); θ non può comunque superare il valore 0,3".

La finestra "*effetto p-delta*" serve per effettuare il calcolo di θ , che è visualizzabile in mappa nel menù deformazioni \rightarrow effetto p-delta.

Nel contesto assegnazione dati di progetto, l'opzione "includi effetti del II ordine", presente nei criteri di progetto, serve per effettuare il calcolo di pilastri in c.a. o acciaio incrementando le sollecitazioni del fattore $1/(1-\theta)$.

Per il controllo dell'effetto P-delta è necessario eseguire le seguenti operazioni:

- Rendere visibili nel modello i nodi significativi per l'analisi (nascondere eventuali pianerottoli o nodi di pareti, devono essere visibili solo i nodi dell'impalcato).
- Selezionare, nella Tabella per le analisi avanzate, le combinazioni di interesse (in cui compaiono forze orizzontali) all'interno della cartella P-delta; in alternativa Cliccare il comando Aiuto x selez. che consente di selezionare automaticamente tutte le combinazioni in cui sono presenti forze orizzontali;
- Premere il comando Applica; il programma seleziona i pilastri su cui è stato calcolato il valore di θ;
- 4. Chiudere la Tabella per le analisi avanzate;

abella dei comandi avanzati	×
Instabilità - buckling Effetto P-Delta	Rigidezze geometriche
Individuare le combinazioni di inter l'effetto. Opera su pilastri e nodi vis In alternativa al calcolo fissare gli ir	sse. Applica assegna, Annulla rimuove sibili [min. V/P soglia azioni V trascurabili]. idici Qx e Qy maggiori di 0.
[2] Comb. SLU A1 2 [3] Comb. SLU A1 3 [4] Comb. SLU A1 4 ♥[5] Comb. SLU A1 (SLV sism.) 5 ♥[6] Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6 ♥[7] Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	Applica Annulla min. V/P: 0.01
La selezione in uscita conferma l'av Indice di stabilità Q: incrementa le a	Aiuto x selez. vvenuta applicazione. zioni di 1/(1-Q) x: 0 y: 0

5. Premere il comando **Wedi combinazione**, selezionare una delle combinazioni in cui è stato

calcolato l'effetto ed attivare l'opzione di controllo **Deformazioni > P-delta X** oppure **P-delta Y**

All'interno della cartella sono presenti anche i seguenti comandi:

- Applica Consente di calcolare il valore di θ;
- **Annulla** Consente di annullare il calcolo e di impostare tutti i $\theta = 0$
- Min. V/P Consente di impostare il minimo valore del rapporto tra la somma dei tagli V e la somma degli sforzi normali P per effettuare l'analisi. Se in una combinazione il rapporto V/P è < del valore impostato, θ viene posto pari a 0. Se in una combinazione il valore della somma dei tagli è molto piccolo, e sono presenti comunque spostamenti il valore di θ può risultare molto alto, anche se il taglio non è significativo; questa opzione serve per filtrare i suddetti casi particolari.
- Aiuto x selez. Consente di selezionare automaticamente tutte le combinazioni in cui sono presenti carichi orizzontali
- Indici di stabilità: incrementa le azioni di 1/(1-Q) Consente di inserire direttamente gli indici di stabilità Qx e Qy nelle relative finestre di calcolo. Inserendo il valore 0 (consigliato) il calcolo del fattore θ viene effettuato automaticamente in base a quanto indicato sopra.

Il calcolo viene effettuato a livello di piano (nodi intermedi ininfluenti se nascosti).

Le quote dei piani sono ottenute in funzione della visibilità dei nodi. I pilastri che ricadono tra due piani possono essere anche suddivisi (è sufficiente nascondere i nodi intermedi che altrimenti sarebbero visti come piani).

Il calcolo del fattore di stabilità θ (inteso come rapporto tra spostamento di interpiano per carico verticale complessivo e carico orizzontale per altezza di interpiano) viene effettuato considerando tutti i pilastri interessati dall' interpiano ed i valori ($\theta x \in \theta y$) vengono assegnati

agli elementi visibili (attivi). Tutti gli elementi interessati dal comando vengono selezionati.

Utilizzando il comando ripetutamente al variare della selezione dei nodi è possibile analizzare situazioni più complesse (falde inclinate, pilastri in falso...); per esempio nel caso del tetto a falde indicato in figura, la procedura da seguire è la seguente:

- •Rendere visibili solo le pilastrate 1 e 3
- Nella finestra Tabella dei comandi avanzati → Effetto P-Delta
 → Applica
- •Rendere visibile solo la pilastrata 2
- Nella finestra Tabella dei comandi avanzati → Effetto P-Delta
 → Applica

Nella documentazione di affidabilità sono disponibili esempi di calcolo manuale dell'effetto P-Delta svolti utilizzando i risultati SommaV disponibili nel menù *Deformazioni* → *Sismica informazioni*.

 Risposta in frequenza L'analisi di risposta in frequenza richiede una preventiva analisi modale, realizzata da PRO_SAP nell'ambito dei casi di carico sismici dinamici (pertanto anche se non di interesse si attiva un caso di carico sismico dinamico Edk).

La definizione del caso sismico dinamico è utile per configurare una distribuzione di masse di interesse, pertanto più distribuzioni di massa possono essere contemplate prevedendo più casi Edk.

Per il controllo della *Risposta in frequenza* è necessario eseguire le seguenti operazioni:

- 1. Selezionare, nella cartella *Risposta in frequenza* della *Tabella per le analisi avanzate*, il caso di carico sismico dinamico di riferimento; la tabella dell'analisi di risposta consente di scegliere la distribuzione di masse (ossia un caso di carico EDK) ed una combinazione di CDC comprensiva di soli carichi pulsanti.
- 2. Selezionare la combinazione comprensiva di soli carichi pulsanti;
- 3. Selezionare il tipo di fase, tra le tre possibilità disponibili:

- **Fase unica** Tutte le forze hanno intensità massima;

Tabella dei comandi avanzati	×
Instabilità - buckling Rigidezze geometriche Effetto P-Delta Risposta in frequenza	
Individuare la combinazione con i carichi vibranti, l'analisi dinamica (Edk) di riferimento ed eseguire l'analisi.	
Caso di carico non influente	
Combinazione non influente Annulla	
Fase unica Fase X Y Z Fase Y Z X Frequenza (Hz) Smorz.(C/Ccr) C C C 1.0 0.05	
Situazione corrente: Analisi non richiesta	



- **Fase XYZ** Le forze in direzione X e Z hanno valore massimo, quelle in direzione Y hanno valore nullo (x=0; y=90; z=0);

- **Fase YZX** Le forze in direzione Y e X hanno valore massimo, quelle in direzione Z hanno valore nullo (x=0; y=0; z=90);

- 4. Inserire nella casella di testo *Frequenza (Hz)* l'entità della frequenza di vibrazione, la frequenza dei carichi è unica;
- 5. Inserire nella casella di testo **Smorzamento (C/Ccr)** il valore dello smorzamento, espresso come rapporto tra lo smorzamento della struttura e lo smorzamento critico;
- 6. Premere il comando **Esegui**; viene visualizzata la finestra di calcolo di Algor SUPERSAP e, a conclusione del calcolo, la finestra che riporta la seguente frase: *Analisi effettuata: spostamenti disponibili.*
- 7. Chiudere la *Tabella dei comandi avanzati;* Una volta effettuata l'analisi, nella versione corrente del programma, possono essere visualizzati i soli spostamenti attivando il comando *Vedi dinamica* e scegliendo dalla gamma dei risultati dinamici le componenti o la loro <u>SRSS</u>.
- 8. Premere il comando **Vedi dinamica** ed attivare una delle opzioni di controllo disponibili all'interno del menu a tendina:

Dyn. 2	Modo 1 Freq. =	0.73 💌
Dyn. 2 Spt. 2 M Spt. 2 M Spt. 2 M Freq.Resp Freq.Resp	Modo 3 Freq. = Aodo 1 Freq. = Aodo 2 Freq. = Aodo 3 Freq. = bonse (cmb 2) 0 bonse (cmb 2) 90	2.32 ł A 0.73 ł 1.56 ł 2.32 ł

- 9. Selezionata l'opzione di controllo, è possibile controllare i risultati espressi in termini di tensioni, spostamenti e deformazioni.
- Instabilità buckling Permette di determinare il moltiplicatore critico del carico, che genera l'instabilità della struttura.

All'interno della cartella sono presenti i seguenti comandi:

- Esegui Consente di eseguire l'analisi di buckling;
- Annulla Consente di annullare il calcolo;
- Num. modi Consente di impostare il numero modi di instabilità (e quindi di deformate critiche)da ottenere nell'analisi (comando disponibile solo con il solutore e_SAP);
- *Max.* iter. Consente di impostare il numero massimo di iterazioni;
- **Tolleranza per conv.** Consente di impostare il valore della tolleranza del processo iterativo;
- Range per ricerca moltiplicatori critici Consente di impostare il valore minimo e il valore massimo dei moltiplicatori critici attesi nella struttura;

Effetto P-Delta	Risposta in frequenza
Instabilità - buckling	Rigidezze geometriche
ndividuare la combinazione di interess	e ed eseguire l'analisi.
Combinazione non influente	▼ Esegui
lum. modi 5 [di noma 5]	Annulla
lax iter. 50 Tolleranza per	conv. 1.0000e-04
lange per ricerca moltiplicatori 0.0	10.0
lumero modi nel range 0	

Se il moltiplicatore critico è maggiore del valore massimo assegnato l'analisi non va a buon fine.

Per l'analisi dell'instabilità della struttura è necessario eseguire le seguenti operazioni:

- 1. Selezionare, nella cartella *Instabilità buckling* della *Tabella per le analisi avanzate*, la combinazione di riferimento, per la definizione dei carichi;
- 2. Definire nella relativa casella il numero massimo delle iterazioni del processo iterativo (50 valore tipico);
- 3. Definire nella relativa casella la tolleranza assegnata per la convergenza del processo iterativo;
- 4. Definire nella relativa casella il range di ricerca dei moltiplicatori
- 5. Premere il comando *Esegui*; viene visualizzata la finestra di calcolo del solutore, a conclusione del calcolo, la finestra che riporta la sintesi dell'analisi eseguita.
- 5. Al termine del calcolo la tabella riporta il moltiplicatore del carico; chiudendo la Tabella per le analisi

avanzate è possibile visualizzare mediante il comando **Vedi dinamica** il moltiplicatore critico e le deformazioni della struttura per ciascun modo individuato.



N.B. Si suggerisce di impostare *e_SAP* come solutore (contesto assegnazione carichi *Modifica* → *Selezione del solutore*) perché il solutore Algor prevede delle limitazioni nel calcolo dell'analisi *Instabilità* – *buckling.*

Utilizzando il solutore Algor è disponibile solo un moltiplicatore critico, inoltre è necessario che il modello strutturale sia realizzato nel seguente modo:

- Agli elementi trave deve essere assegnato il materiale numero 1 dell'archivio;
- Agli elementi setto-piastra deve essere assegnato il materiale numero 2 dell'archivio;
- Agli elementi solidi deve essere assegnato il materiale numero 3 dell'archivio;
- Nel caso non siano presenti elementi trave nel modello, è necessario assegnare agli elementi setto piastra il materiale numero 1 dell'archivio;
- Nel caso non siano presenti elementi setto-piastra e solidi nel modello, è necessario assegnare agli elementi solidi il materiale numero 1 dell'archivio;

(es. se gli elementi trave sono in acciaio Fe430 è necessario assegnare al primo posto nell'archivio il materiale Fe430).

- Non devono essere presenti nel modello elementi tipo asta o membrana.
- Rigidezze geometriche Funzione utilizzata per la realizzazione di analisi del 2° ordine. (Associata all'utilizzo della funzione Imperfezioni strutturali nella Tabella dei comandi avanzati del Contesto di introduzione dati)

I comandi contenuti nella cartella *Rigidezze geometriche* consentono la creazione di un file contenente la geometria della struttura deformata, oppure le azioni N (sforzi normali), generate nella combinazione individuata nella apposita casella.

Le traslazioni e le azioni N della struttura possono essere salvate con valore amplificato, se si desidera in questo modo introdurre un coefficiente di sicurezza. Il valore dei coefficienti moltiplicatori viene inserito nelle apposite finestre.

La cartella contiene anche le seguenti opzioni di salvataggio:

- Salva traslazioni amplificate
- Salva azioni amplificate

Generano i file rispettivamente .trs e .azn, che possono essere salvati nella cartella di interesse. Per l'applicazione delle traslazioni al modello della struttura è necessario ritornare nel contesto di introduzione dei dati.

Media azioni D3

Opzione che permette di realizzare la media delle azioni presenti nei nodi del macroelemento, al fine di attenuare gli effetti dei picchi di sollecitazione nella progettazione degli elementi.

L'utilizzo della funzione richiede particolare cautela, in quanto nell'azione di mediazione delle azioni possono erroneamente annullarsi azioni di segno opposto.

Usa valori assoluti

Opzione che permette di rappresentare gli spostamenti come assoluti. Il programma di norma stima il segno delle deformate sismiche dinamiche, qualora la stima non fosse fisicamente attendibile, si può riportare la gestione degli spostamenti al consueto uso di valori assoluti (valori sempre in uso per progettazione e verifiche).

Tabella dei comandi avanzati		×
Effetto P-Delta Instabilità - buckling	Risposta in frequenza Rigidezze geometriche	
Individuare la combinazione di inf	teresse ed indicarne i moltiplicatori.	
Moltiplicatore per traslazioni Moltiplicatore per azioni N	Salva traslazioni amplificate Salva azioni amplificate	
n. cifre decimali utilizzate nelle operazioni [da 2 a 6, di norma 6	5] 4	

Analisi per storia di carico

Attraverso il comando *Analisi per storia di carico* è possibile effettuare un analisi che tenga conto della non linearità geometrica degli elementi strutturali, in questo modo viene rimossa l'ipotesi di piccoli spostamentideformazioni e l'equilibrio viene valutato nella configurazione deformata della struttura anziché in quella inziale indeformata.

Cliccando su questo comando è possibile assegnare alla struttura un insieme di forze che vengono incrementate per successivi step di carico.

E' possibile definire gli step di carico direttamente all'interno di *PRO_SAP* oppure importarli da un file .*csv* realizzato separatamente.

Per effettuare questo tipo di analisi è sufficiente attivare all'interno del contesto di *Visualizzazione dei risultati* il comando *Dati di progetto* ► *Analisi per storia di carico.*

Cliccando sul comando Analisi per storia di carico è possibile accedere alla tabella Definizione storia di carico (analisi non lineare al passo) nella quale è possibile definire gli step di carico.

Con i comandi Aggiungi e Rimuovi è possibile inserire nuovi step di carico ed eliminare quelli esistenti.

Nella prima colonna (*Passo*) sono identificati i progressivi step di carico; nelle successive colonne (*LCi*) relative ai casi di carico presenti nel modello, è possibile definire, per ogni passo, il moltiplicatore della forza da applicare al caso di carico.

All'interno della casella **Uso come cmb.** è possibile definire una combinazione da utilizzare.

Premendo il comando Applica verrà eseguita l'analisi non lineare al passo, il controllo dei risultati può

essere effettuato all'interno della Barra di visualizzazione dei risultati sul comando **Essere Storia di carico**.

Nell'esempio si mostra la definizione della storia di carico per lo studio del carico limite di punta di una mensola. In questo caso sono stati utilizzati due casi di carico: il caso di carico LC1 fa riferimento ad un momento, sempre presente sulla mensola e con valore costante (il moltiplicatore della forza sarà dunque pari ad 1 indipendentemente dallo step di carico considerato); il caso di carico LC2, invece, corrisponde al carico di punta applicato all'estremità libera della mensola e di conseguenza viene incrementato ad ogni passo di carico fino ad un valore prossimo al carico limite.

🔳 Definizio	one storia di	carico (analisi non lineare al passo)	×		
Caso di carico	Caso di carico selezionato				
Uso come cm	nb: non pre	visto 🔽 Passo di carico 26			
Passo	LC 1	LC 2	~		
Passo 1	1.00	1.00	_		
Passo 2	1.00	25000.00			
Passo 3	1.00	37500.00			
Passo 4	1.00	50000.00			
Passo 5	1.00	75000.00			
Passo 6	1.00	87500.00			
Passo 7	1.00	93800.00			
Passo 8	1.00	96900.00			
Passo 9	1.00	100000.00			
Passo 10	1.00	150000.00			
Passo 11	1.00	175000.00	×		
Aggiungi	Rimuovi	Fattori per l' analisi non lineare			
Rimuc	vi tutto	Aggiornamento K 🛛 💿 Iterazione 🔍 Passo 🔿 Iniziale			
Leggi file	Scrivi file	N. substep per passo max iter, max iter, stab. 1 50 0			
		per substep			
Copia combinazioni		Tolleranza U, R, E 1.0000e-0(1.0000e-0(1.0000e-0(
Applica	Esci	Limite norma DU (*) 10.0 Vincolo automatico come lineare			
Esegui Analisi		(°) In caso di non convergenza utilizzare il valore suggerito: (2 / max. iter) x spostamento atteso			

Importa/Esporta dati da file CSV

PRO_SAP consente di importare/esportare i dati relativi alla Storia di carico attraverso i seguenti comandi presenti all'interno della finestra Definizione storia di carico (analisi non lineare al passo):

- **Leggi file** Consente di importare i dati selezionando il percorso all'interno del PC nel quale di trova il file . *csv* di riferimento.
- Scrivi file Consente di esportare i dati in un file .csv selezionando il percorso all'interno del PC nel quale si desidera salvare il file.
Il file *.csv deve avere la seguente formattazione:

- Ogni riga deve contenere le informazioni di uno step di carico
- Nella *prima colonna* il nome dello step di carico
- Nella seconda colonna il codice che indica il tipo di combinazione (vedi tabella sottostante)
- Nelle successive colonne i coefficienti moltiplicativi delle forze per ogni caso di carico esistente

I file .csv sono compatibili con *Microsoft Excel* e con il *Blocco Note* di Windows.

Nella tabella riportata di seguito sono contenuti i codici relativi ai tipi di combinazione:

Tipo di combinazione	Codice
Tensioni ammissibili	0
Stati Limite Ultimi	1
Stati Limite di Esercizio - rara	2
Stati Limite di Esercizio - frequente	3
Stati Limite di Esercizio - permanente	4
SLU Accidentali per la resistenza al fuoco	5
Stati limite di Danno	6
Pushover	7
SLU A1(Terreno per DM 2005)	8
SLU A2(Terreno per DM 2005)	9
SLU Galleggiamento (Terreno)	10

Utilizzando il *Codice 11* non viene adottata nessuna specifica combinazione di carico, pertanto tutte le forze relative allo step di carico verranno applicate con il proprio valore senza alcuna amplificazione o riduzione. Si riporta di seguito un esempio di file .csv:

Il menu delle Opzioni sollecitazioni

Nel contesto di visualizzazione dei risultati è possibile attivare le opzioni che consentono di modificare la rappresentazione dei risultati dell'analisi. Per l'attivazione delle opzioni è necessario utilizzare i seguenti comando **Opzioni** presente nella barra superiore all'interno del contesto *Visualizzazione risultati.*

Viene visualizzato il menu dei comandi di contesto che contiene le seguenti opzioni:

• **Opzioni sollecitazioni** Permette di accedere alla finestra Scale di visualizzazione risultati per la definizione delle scale di visualizzazione e per l'attivazione delle modalità di visualizzazione solida e di rappresentazione numerica dei risultati.

All'interno della finestra *Scale di visualizzazione risultati* è possibile definire:

- Opzioni di Scala di visualizzazione delle deformazioni;
- Opzioni di Scala di visualizzazione della velocità di animazione;
- Opzioni di Scala di visualizzazione delle reazioni vincolari;
- Opzioni di Scala di visualizzazione dei diagrammi delle sollecitazioni;
- Opzione Mappa D2 solida che consente l'attivazione della mappa D2 con rappresentazione solida degli elementi;
- Opzione Stampa valori per nodi e D2 che consente l'attivazione della rappresentazione numerica dei risultati, i cui valori sono relativi a nodi ed elementi D2.
- Opzioni di Modifica del colore di rappresentazione dei risultati.





- *Mostra solo selezionati* Permette la visualizzazione dei risultati (mappe, diagrammi ecc..) solamente degli oggetti selezionati.
- Mappa di colore Permette di modificare la visualizzazione delle mappe di colore, dal menu Mappe di colore si accede ai seguenti comandi:
 - **Con 9 fasce** Definisce 9 fasce di colore da utilizzare nelle visualizzazioni con mappa;
 - **Con 12 fasce** Definisce 12 fasce di colore da utilizzare nelle visualizzazioni con mappa;
 - **Con 15 fasce** Definisce 15 fasce di colore da utilizzare nelle visualizzazioni con mappa.

• **Usa valori mediati** Permette di realizzare la mappa cromatica, mediando i valori della grandezza in corrispondenza dei nodi. Tale operazione genera la mappa dei valori con maggiore gradualità cromatica.

Opzioni 👻		
Opzioni Sollecitazioni		
Mostra solo selezionati		
Mappa di colore 🕨		Con 9 fasce
Restituzioni D2		Con 12 fasce
Scelta font per valori	•	Con 15 fasce
Rotazione font (globale)		Usa valori mediati
Rotazione font (nodale)	•	Evidenzia elementi

N.B. I valori ottenuti in corrispondenza dei nodi in conseguenza dell'operazione di media, in alcuni casi possono discostarsi in modo sensibile dai valori iniziali.



• **Evidenzia elementi** Permette la generazione della mappa cromatica con la sovrapposizione della rappresentazione degli elementi. Tale opzione è attiva per elementi D2 e D3.

- Restituzioni D2 Permette di modificare la visualizzazione di alcune sollecitazioni sugli elementi D2, dal menu Restituzioni D2 è possibile selezionare una delle seguenti visualizzazioni:
 - Modalità solida
 - Modalità filo
 - Modalità diagramma
- Scelta font per valori Permette di modificare il font utilizzato per visualizzare i risultati con rappresentazione numerica.
- Rotazione font (globale) Permette di realizzare la rotazione di tutti i valori numerici rappresentati.
- Rotazione font (nodale) Permette di realizzare la rotazione dei valori numerici dei risultati, relativi ai nodi selezionati.

Modifica della scala e del colore di un risultato

Per modificare le opzioni di visualizzazione di un risultato è necessario eseguire i seguenti comandi:

- 1. Accedere alla tabella Scale di visualizzazione risultati cliccando all'interno del contesto Visualizzazione risultati il comando Opzioni ► Opzioni sollecitazioni;
- 2. Fare Click con il mouse sulla tipologia di risultato che si desidera modificare;
- 3. Modificare, agendo sul pulsante di scala, la scala di visualizzazione del risultato;
- 4. Modificare, agendo sul comando colore, il colore di visualizzazione del risultato;
- 5. Chiudere la finestra con X.



Capitolo 10

Progettazione elementi strutturali in acciaio

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la definizione dei parametri di progetto e verifica degli elementi strutturali in acciaio e per la visualizzazione dei risultati della progettazione.

Verranno affrontati i seguenti argomenti e le seguenti procedure:

- Progettazione elementi strutturali in acciaio
- Definizione dei criteri di progetto
- Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali
- Esecuzione progettazione
- Progettazione con DM 17/01/2018
- Progettazione con DM 14/01/2008
- Progettazione con EC3 (UNI EN 1993-1-1:2005)
- Progettazione con UNI ENV 1993-1-1:1994 (ex EC3)
- Progettazione con CNR-UNI 10011:88
- Settaggio delle restituzioni grafiche dei risultati della progettazione

Progettazione elementi strutturali in acciaio

La progettazione degli elementi strutturali in acciaio, può essere effettuata con il metodo delle Tensioni Ammissibili o degli Stati Limiti.

La progettazione può essere effettuata secondo le seguenti normative:

- D.M. 17/01/2018
- UNI EN 1993:2005 (Eurocodice 3)
- D.M. 09/01/1996 con riferimento alla Circolare CNR 10011/1988
- D.M. 14/01/2008 e relativa circolare 617/2009
- UNI ENV 1993

La progettazione degli elementi strutturali avviene sulla base delle combinazioni dei casi di carico; in ogni sezione di verifica lungo l'asse dell'elemento, il programma definisce le tensioni massime tra quelle generate dalle varie combinazioni di carico, riportando il punto di verifica in cui si manifestano (cap. 4 *Introduzione dati: gestione degli archivi, Dati per verifica acciaio*), le combinazioni di carico e le sollecitazioni che le generano.

Ad ogni elemento strutturale viene associato un criterio di progetto; il criterio di progetto è una delle proprietà dell'elemento; grazie al criterio di progetto è possibile controllare tutti i parametri di progettazione e verifica degli elementi. Il programma consente per mezzo di mappe, diagrammi, tabelle e l'osservazione puntuale degli elementi, l'esaustivo controllo dello stato di progetto e verifica della struttura.

La progettazione degli elementi strutturali in acciaio avviene nel *Contesto di Assegnazione dei dati di progetto*, a cui è possibile accedere solamente se si è eseguito il calcolo della struttura.

Per entrare nel contesto Assegnazione dei dati di progetto, attivare i seguenti comandi:

Contesto > Assegnazione dati di progetto

In questa fase della sessione di lavoro, risultano nascoste tutte le barre degli
strumenti di modellazione (Barra per la generazione dei nodi, Barra per la
generazione degli elementi, Barra di modifica), e viene visualizzata la Barra per la
progettazione che riporta i comandi di controllo dei risultati della progettazione, tra
cui quelli relativi alle strutture in acciaio:

Acciaio t.a. Permette di effettuare il controllo della progettazione e verifica degli elementi in acciaio effettuata con il metodo delle *Tensioni Ammissibili*;

Acciaio s.I. Permette di effettuare il controllo della progettazione e verifica degli elementi in acciaio effettuata con il metodo degli *Stati Limiti*;

Finestra di testo Riporta il tipo di risultato correntemente selezionato;

Controlla Permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione relativi al singolo elemento.

Definizione dei criteri di progetto

La definizione dell'archivio dei criteri di progetto per la progettazione degli elementi in acciaio viene realizzata all'interno della *Tabella dei criteri di progetto*, attivabile, in base al contesto in cui si opera, con le seguenti modalità:

- □ Se si opera nel Contesto di Introduzione dei dati si utilizzano i seguenti comandi:
 Dati struttura ► Criteri di progetto
- □ Se si opera nel Contesto di Assegnazione dati di progetto si utilizzano i seguenti comandi: Dati di progetto ► Criteri di progetto

La *Tabella dei criteri di progetto* contiene più cartelle, necessarie all'inserimento dei dati di progetto relativi ai seguenti elementi strutturali in acciaio:

- Travi acciaio
- Pilastri acciaio
- Aste acciaio

Inoltre contiene:

o Finestra di testo che riporta il nome del criterio di progetto correntemente selezionato;



• **Contatore dei criteri di progetto** che riporta il numero progressivo del criterio di progetto corrente e permette di scorrere l'archivio dei criteri di progetto;

ed i seguenti tasti:

- Copia Per effettuare la copia del criterio di progetto corrente
- Incolla Per assegnare al criterio corrente il criterio di progetto memorizzato con il comando copia
- Annulla l'operazione eseguita
- **Applica** Inserisce il criterio di progetto definito, nell'archivio dei criteri di progetto, con il numero presente nel contatore
- Esci Effettua l'uscita della Tabella dei criteri di progetto

I criteri di progetto differiscono a seconda delle normative in uso. Di conseguenza per la descrizione dei comandi e delle opzioni presenti all'interno dei criteri di progetto si rimanda ai paragrafi successivi.

Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali

Per effettuare la progettazione degli elementi strutturali è necessario che ad ogni elemento sia associato un criterio di progetto; ad ogni elemento può essere associato un solo criterio per volta.

Ad ogni elemento viene assegnato per default il primo criterio di progetto presente nell'archivio.

Per associare ad uno o più elementi un criterio di progetto è necessario operare nel seguente modo:

- 1. Selezione degli elementi che si desiderano progettare con un
- determinato criterio di progetto, presente nell'archivio dei criteri di progetto;
- 2. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare: **Setta Riferimento;**
- 3. Nella *Tabella delle proprietà* che viene visualizzata, selezionare, nella apposita cornice, il criterio di progetto che si desidera assegnare agli elementi selezionati; premere il consueto tasto di chiusura della finestra.
- 4. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare: *Assegna Criterio.*

Esecuzione progettazione

Per la progettazione degli elementi strutturali è necessario eseguire le seguenti fasi e i seguenti comandi:

- 1. Definizione, se ancora non effettuata, delle Combinazioni di carico;
- 2. Definizione dei Criteri di progetto;
- 3. Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali;
- 4. Selezione degli elementi che si desiderano progettare;
- 5. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare:

Progetta ► *Tensioni ammissibili* (la progettazione viene eseguita utilizzando il metodo delle tensioni ammissibili, questo metodo è disponibile solamente utilizzando la normativa *CNR UNI 10011*).

Progetta ► *Stati limite ultimi* (la progettazione viene eseguita utilizzando il metodo degli stati limite, questo metodo è disponibile utilizzando le normative *DM18, DM08, EC3, CNR UNI 10011,UNI ENV 1993-1-1:1994*).

I medesimi comandi di progetto possono essere attivati mediante menu a discesa, nel seguente modo:

Contesto	
Introduzione dati	
Check dati struttura	
Assegnazione carichi	
Check dati di carico	
Salvataggio dati per le analisi	
Esecuzione analisi	
Visualizzazione risultati	
 Assegnazione dati di progetto 	
Esecuzione progettazione	Stati limite
Check armature c.a.	Tensioni ammissibili
Relazione di calcolo	Verifica schemi armatura
Generazione computi	Verifica edificio esistente
Generazione esecutivi	Verifica resistenza al fuoco
Regione Calabria	

Imposta proprietà di riferim	ento D2 🕴 🖬
E Generalită	a.
Elemento tipo	Trave
Sezione	[8] HEA 180
Rotazione	0.0 [gradi]
Materiale	[10] acciaio Fe360 - \$235
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto DM06
Filo fisso - pianta	elemento in asse
Filo fisso - sezione	elemento in asse
Layer	[1] Layer 0

Il programma consente per mezzo di mappe, diagrammi e tabelle, l'esaustivo controllo dello stato di progetto della struttura.

Il controllo dei risultati della progettazione avviene mediante le opzioni di visualizzazione contenute nella *Barra di controllo della progettazione*, sempre attiva nel *Contesto di assegnazione dei dati di progetto*. La barra delle progettazioni contiene i seguenti comandi per il controllo degli elementi in acciaio:

Acciaio t.a. (Controllo dei risultati della progettazione con il metodo delle Tensioni Ammissibili)

Acciaio s.I. (Controllo dei risultati della progettazione con il metodo degli Stati Limite)

Progettazione con DM 17/01/2018

Selezione della normativa

Per l'attivazione del DM18 è sufficiente realizzare la selezione della normativa con i comandi riportati di seguito:



Normative in uso			×
Cemento armato	Acciaio	Legno	Muratura
O.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018	O.M. 2018
© D.M. 2008	C D.M. 2008	© D.M. 2008	© D.M. 2008
C EC 2	C EC 3	C EC 5	O D.M. 87
C D.M. 96	C CNR 10011	C REGLES C.B.71	C EC 6
	C ENV 1993-1994		© D.M. 2005
	C AISC		
Avanzate	Avanzate	Avanzate	
Sismica		Resistenza al fuoco	
O.M. 2018	O D.M. 2005	Avanzate	
© D.M. 2008	🔿 Ordinanza 3274		
O EC 8	C D.M. 96		
Verifiche sismiche per edificio esistente	Avanzate		OK Annulla

Finestra impostazione per verifica acciaio

Utilizzando il comando *Avanzate* presente nella cornice *Acciaio* è possibile accedere alla finestra *Impostazione per verifica acciaio*:

- Normativa di riferime	ento		
C UNI ENV 1993	C EC3-UNI EN199	13 C D.M. 14 01 2008	© D.M. 17 01 2018
1.05 Coeff	. parziale sicurezza mate	riale gammaM0 (resistenza	a)
1.05 Coeff	. parziale sicurezza mate	riale gammaM1 (stabilità)	
1.25 Coefi	. parziale sicurezza mate	riale gammaM2 (frattura)	
Modella e verifica	sezione non simmetrica	come simmetrica (Assegna	Jxy=0)
0.7 Fatto	re riduttivo psivec (ENV :	2.3.3.1)	
1 Fatto	re ETA (UNI EN 1993-1-	5 5.1 rif. taglio)	
-Verifiche sismiche (g	gerarchia delle resistenze)	
1.1	Applica capitolo 7.5.4 (s	trutture intelaiate) [*]	
1.1	Applica capitolo 7.5.5 (s	trutture con controventi co	oncentrici) [*]
[*] Inserire il valore 1 par. 7.5.1: gam_ov =	.1 x gam_ov x Omega re •1.25 per acciai fino a S3	lativo alla verifica di interes 355; 1.15 per i	se;

Nella finestra sono disponibili i comandi che consentono di personalizzare i coefficienti parziali di sicurezza (di default sono impostati quelli suggeriti nella tabella 4.2.VII del DM2018).

L'opzione *Modella sezione simmetrica anche se non simmetrica* consente di effettuare le verifiche dei profili non doppiamente simmetrici lungo gli assi locali 2-2 e 3-3 anziché lungo gli assi principali d'inerzia.

La cornice Verifiche sismiche (gerarchia delle resistenze) consente di impostare i valori di $1.1*\gamma rd*\Omega$ per strutture intelaiate e per strutture con controventi concentrici. Il valore di Ω viene determinato <u>dopo</u> aver eseguito il calcolo della struttura (vedi paragrafo *"Progettazione di strutture dissipative"*).

Impostazione dei criteri di progetto

Prima di eseguire le verifiche degli elementi strutturali è necessario definire i criteri di progetto. In accordo con la normativa le informazioni richieste sono le seguenti:

Travi acciaio

Il criterio di progetto relativo alle travi in acciaio può essere assegnato solamente agli elementi D2 orizzontali o inclinati che possiedono nella tabella

delle proprietà la tipologia *Trave*.

La cartella *Travi acciaio* dei criteri di progetto contiene i seguenti parametri: Lunghezze libere

- **3-3 Beta** Coefficiente beta (moltiplicatore della lunghezza effettiva dell'elemento, per ottenere la lunghezza libera di inflessione) per flessione dell'elemento attorno all'asse 3-3 locale (vedere schemi allegati)
- **Beta x L** Permette l'inserimento diretto del valore della lunghezza libera di inflessione dell'elemento attorno all'asse 3-3 locale
- Automatico Effettua il controllo automatico degli elementi allineati e del loro grado di vincolo per la determinazione automatica delle lunghezze libere di inflessione degli elementi dell'allineamento attorno all'asse 3-3 locale

Paretic.a. Guscio: Pilanti acc.	a. Travica. Traviec:	Plastri c.a. Muratura	Solat e panneli /	Hete acc. XLAM
Lunghezze libere				
3-3 Beta * Lautoma	rtico	11		
3-3 Bete exceptato		1.0		
3-3 8eta * Lauregnato		0.0 [cm]		
2-2 Beta *Lautoma	ntico	lange see		
2-2 8-eta assegnato	1066	1.0		
2-2 Beta * Lansequato	8	0.0 [cm]		
1-1 Bets * Lautome	rtico			
7-18eta assegnato	0.98	1.0		
1-18eta * Lassegnato		0.0 [cm]		
Instabilità flesso-torsi	orale			
Posizione canco		0.5		
Coefficiente K tor 0.5				
Coefficiente Kw tor		0.5		
🗄 Generalită				
Luce di taglia per GR		1.0 [on]		
Resistenza al fuoco				
Tempo di esposizione l	R	0		
Profile protetto		Semestroen		
Calore specifico protez	oone	0.0 (L/kgK)		
Conducibilità protezione		0.0 [W/mK]	1	
B		001		
Calore specifico protes Conducibilità protestor 2-23 del 1 2-2 Beta " L'automatico Lunghezza libera accunta c	sone ne titue tal modello in fun	0.0 (DkgK) 0.0 (W/mK) 0.0 (Luca)	wtria e topologi	a olomor

- **2-2** *Beta* Coefficiente beta (moltiplicatore della lunghezza effettiva dell'elemento, per ottenere la lunghezza libera di inflessione) per flessione dell'elemento attorno all'asse 2-2 locale (vedere schemi allegati);
- **Beta x L** Permette l'inserimento diretto del valore della lunghezza libera di inflessione dell'elemento attorno all'asse 2-2 locale
- **Automatico** Effettua il controllo automatico degli elementi allineati e del loro grado di vincolo per la determinazione automatica delle lunghezze libere di inflessione degli elementi dell'allineamento attorno all'asse 2-2 locale;
- **1-1 Beta** Coefficiente beta che definisce il rapporto tra la lunghezza tra due ritegni torsionali successivi (che impediscono cioè la rotazione della sezione attorno all'asse longitudinale) e la lunghezza della trave;
- **Beta x L** Permette l'inserimento diretto della lunghezza tra due ritegni torsionali successivi (che impediscono cioè la rotazione della sezione attorno all'asse longitudinale)
- **Automatico** Effettua la determinazione automatica del coefficiente beta che definisce il rapporto tra la lunghezza tra due ritegni torsionali successivi e la lunghezza della trave, per la valutazione del valore di Beta x L

L'attivazione dell'opzione Automatico esclude in modo automatico il contenuto delle caselle x-x Beta e BetaxL.

L'attivazione dell'opzione BetaxL esclude in modo automatico il contenuto della casella x-x Beta.

Instabilità flesso-torsionale

- Posizione carico Posizione di applicazione del carico sulla sezione della trave. Inserire 0 per carico in asse, 0.5 per carico applicato all'estradosso, -0.5 per carico applicato all'intradosso. <u>Questo dato serve</u> solo nel caso in cui Mcr venga calcolato con la formula F2 dell'appendice F delle UNI ENV 1993
- Coefficiente ktor Coefficiente di lunghezza efficace k. Si riferisce alla rotazione di un estremo nel piano e dipende dallo schema statico. Secondo l'appendice F delle UNI ENV 1993 vale 0.5 nel caso di trave doppiamente incastrata, 1.0 quando non c'è incastro, 0.7 quando c'è un incastro ed un estremo libero. Questo dato serve solo nel caso in cui Mcr venga calcolato con la formula F2 dell'appendice F delle UNI ENV 1993
- Coefficiente kwtor Coefficiente di lunghezza efficace kw. Si riferisce all'ingobbamento di un estremo. Secondo l'appendice F delle UNI ENV 1993 nel caso non si siano previsti appositi vincoli per l'ingobbamento kw vale 1.0. Questo dato serve solo nel caso in cui Mcr venga calcolato con la formula F2 dell'appendice F delle UNI ENV 1993

Generalità

• Luce di taglio per GR Permette di eseguire il calcolo secondo la gerarchia delle resistenze. 1 indica che la gerarchia è attiva. 0 che la gerarchia non è attiva (elemento secondario). È anche possibile specificare una lunghezza in cm da assumere come luce di taglio. Questo dato serve solo per la progettazione di strutture dissipative

Resistenza al fuoco

- **Tempo di esposizione** Permette di specificare il tempo di esposizione all'incendio dell'elemento strutturale
- **Profilo protetto** Permette di specificare se sul profilo viene applicata una protezione
- **Calore specifico protezione** Permette di specificare il calore specifico del materiale protettivo applicato all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in J/kg*K
- **Conducibilità protezione** Permette di specificare la conducibilità del materiale protettivo applicato all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in W/m*K
- **Densità di massa protezione** Permette di specificare la densità del materiale protettivo applicato all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in kg/m^3
- **Spessore protezione** Permette di specificare lo spessore del materiale di protezione. Va espresso in cm

Pilastri acciaio

La cartella Pilastri acciaio dei criteri di progetto contiene i seguenti parametri:

Lunghezze libere

- **2-2** *Beta* Coefficiente beta (moltiplicatore della lunghezza effettiva dell'elemento, per ottenere la lunghezza libera di inflessione) per flessione dell'elemento attorno all'asse 2-2 locale
- **Beta x L** Permette l'inserimento diretto del valore della lunghezza libera di inflessione dell'elemento attorno all'asse 2-2 locale
- Assegnato Questo tasto permette la selezione di vari tipi di opzioni di verifica:
 - **Assegnato** La progettazione viene effettuata tenendo conto dei valori 2-2 Beta oppure Beta x L introdotti;

- Wood n. spost. Permette il calcolo automatico dei coefficienti 2-2 Beta nel caso in cui i pilastri appartengano a telai a nodi spostabili
- Wood n. fissi Permette il calcolo automatico dei coefficienti 2-2 Beta nel caso in cui i pilastri appartengano a telai a nodi fissi (Per approfondimenti si veda il Manuale di Ingegneria Civile – Edizioni Scientifiche Cremonese);
- **3-3** Beta Coefficiente beta (moltiplicatore della lunghezza effettiva dell'elemento, per ottenere la lunghezza libera di inflessione) per flessione attorno all'asse 3-3 locale
- **Beta x L** Permette l'inserimento diretto del valore della lunghezza libera di inflessione attorno all'asse 3-3 locale
- Assegnato Questo tasto permette la selezione di vari tipi di opzioni di verifica:
 - Assegnato La progettazione viene effettuata tenendo conto dei valori 3-3 Beta oppure Beta x L introdotti
 - Wood n. spost. Permette il calcolo automatico dei coefficienti 3-3 Beta nel caso in cui i pilastri appartengano a telai a nodi spostabili; (per ulteriori approfondimenti consultare il Manuale di Ingegneria Civile – Edizioni Scientifiche A. Cremonese)
 - Wood n. fissi Permette il calcolo automatico dei coefficienti 3-3 Beta nel caso in cui i pilastri appartengano a telai a nodi fissi; (per ulteriori approfondimenti consultare il Manuale di Ingegneria Civile – Edizioni Scientifiche A. Cremonese)

Instabilità flesso-torsionale

- Posizione carico Posizione di applicazione del carico sulla sezione della trave. Inserire 0 per carico in asse, 0.5 per carico applicato all'estradosso, -0.5 per carico applicato all'intradosso. <u>Questo dato</u> serve solo nel caso in cui Mcr venga calcolato con la formula F2 dell'appendice F delle UNI ENV 1993
- Coefficiente ktor Coefficiente di lunghezza efficace k. Si riferisce alla rotazione di un estremo nel piano e dipende dallo schema statico. Secondo l'appendice F delle UNI ENV 1993 vale 0.5 nel caso di trave doppiamente incastrata, 1.0 quando non c'è incastro, 0.7 quando c'è un incastro ed un estremo libero. Questo dato serve solo nel caso in cui Mcr venga calcolato con la formula F2 dell'appendice F delle UNI ENV 1993
- Coefficiente kwtor Coefficiente di lunghezza efficace kw. Si riferisce all'ingobbamento di un estremo. Secondo l'appendice F delle UNI ENV 1993 nel caso non si siano previsti appositi vincoli per l'ingobbamento kw vale 1.0. Questo dato serve solo nel caso in cui Mcr venga calcolato con la formula F2 dell'appendice F delle UNI ENV 1993

E Lunghezze Ebere Metodo di calcolo 3-3 3-3 Beta assegnato 3-3 Beta * Lainagnato Netodo di calcolo 2-2	Assegnato 2.0 0.0 [cm]
Metodo di calcolo 3-3 3-3 Beta assegnato 3-3 Beta * Lainagnato Metodo di calcolo 2-2	Assegnato 2.0 0.0 [cm]
3-3 Beta assegnato 3-3 Beta * Lainagnato Metodo di calcolo 2-2	2.0 0.0 [cm]
3-3 Beta * L annegrado Metodo di calcolo 2-2	0.0 [cm]
Metodo di calcolo 2-2	
	Assegneto
2-2 Beta assegnato	2.0
2-2 Beta * Lassegnato	0.0 [cm]
1-1 Beta assegnato	1.0
1-1 Beta * Lassegnato	0.0 (cm)
Instabilită flesso-torsionale	
Posicione carico	0.0
Coefficiente K tor	0.5
Coefficiente Kwitor	0.5
🗄 Generalită	
Effetti del 2 ordine	
B Resistenza al funco	
Tempo di esposizione R	0
Profile protetto	Contraction and the second sec
Calore specifico protezione	0.0 [J/kgK]
Conducibilità protezione	0.0 [W/mK]
Densità di massa protezione	300.0 [kg/m3]
Commence in the second second	4.0.1 mm 1

Generalità

 Effetti 2° ordine Permette di includere nella progettazione dei pilastri gli effetti ottenuti dall'analisi del secondo ordine. Per considerare l'incremento delle azioni flettenti è necessario eseguire l'analisi P-delta prima di effettuare la progettazione degli elementi strutturali

Resistenza al fuoco

- **Tempo di esposizione** Permette di specificare il tempo di esposizione all'incendio dell'elemento strutturale
- **Profilo protetto** Permette di specificare se sul profilo viene applicata una protezione

- **Calore specifico protezione** Permette di specificare il calore specifico del materiale protettivo applicato all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in J/kg*K
- **Conducibilità protezione** Permette di specificare la conducibilità del materiale protettivo applicato all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in W/m*K
- **Densità di massa protezione** Permette di specificare la densità del materiale protettivo applicato all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in kg/m^3
- **Spessore protezione** Permette di specificare lo spessore del materiale di protezione. Va espresso in cm

Aste acciaio

Generalità

ammissibili

Profilo

.

Tabella dei criteri di progetto Il criterio di progetto relativo alle aste in acciaio può essere assegnato solamente XLAM Pilastri acc Travi acc. Muratura Legno agli elementi D2 che possiedono nella Pareti c.a. Gusci c.a. Travi c.a. Pilastri c.a. Solai e pannelli Aste acc Generalità tabella delle proprietà la tipologia Aste. 0.8 Beta assegnato La cartella Aste acciaio dei criteri di Verifica come controvento progetto contiene i seguenti parametri: 🗹 Usa condizioni l e ll Resistenza al fuoco Beta assegnato Coefficiente beta Tempo di esposizione R 0 (moltiplicatore della lunghezza Profilo protetto effettiva dell'elemento per ottenere la lunghezza libera di inflessione) Verifica come controvento Se attiva vengono omesse le verifiche di stabilità anche se l'elemento ha uno sforzo normale di compressione. Usa condizioni I e II (t. amm.). Se attiva, viene applicato il §3.3.2 delle CNR 10011/88. Questa opzione è utile solo nel caso in cui si esegua la progettazione alle tensioni Resistenza al fuoco Tempo di esposizione Permette di specificare il tempo di esposizione all'incendio dell'elemento strutturale Criterio di progetto DM18 protetto Permette di specificare se sul profilo viene Incolla Applica Annulla Esci Copia 1 ÷

- applicata una protezione Calore specifico protezione Permette di specificare il calore specifico del materiale protettivo applicato
- all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in J/kg*K Conducibilità protezione Permette di specificare la conducibilità del materiale protettivo applicato
- all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in W/m*K Densità di massa protezione Permette di specificare la densità del materiale protettivo applicato all'elemento per l'applicazione del §4.2.5.2 dell'Eurocodice 3 parte 2. Va espresso in kg/m^3
- Spessore protezione Permette di specificare lo spessore del materiale di protezione. Va espresso in cm

Richiami di teoria: lunghezze libere di inflessione

 I_0 = lunghezza teorica di calcolo:

I = lunghezza effettiva dell'elemento.



Progettazione di strutture dissipative

Nel caso si voglia progettare una struttura dissipativa nel menù **Preferenze** ► **Normative** ► **Acciaio** ► **Avanzate** è necessario attivare le opzioni Applica capitolo 7.5.4 (strutture intelaiate) ed Applica capitolo 7.5.5 (strutture con controventi concentrici).



È possibile attivare una sola delle due opzioni o entrambe, a seconda del tipo di struttura che si sta progettando.

Attivando le opzioni vengono richiesti i valori di amplificazione delle sollecitazioni per l'applicazione delle formule 7.5.7, 7.5.8, 7.5.9 e del §7.5.5 del DM2018. Questi valori possono essere calcolati automaticamente dal programma attraverso una procedura iterativa articolata nei seguenti punti:

- nel menù **Preferenze** ► **Normative** ► **Acciaio** ► **Avanzate** attivare le opzioni Applica capitolo 7.5.4 e/o Applica capitolo 7.5.5 (a seconda del tipo di struttura che si sta progettando)
- lasciare i valori di default dei coefficienti di amplificazione 1.1
- eseguire le verifiche degli elementi strutturali (<u>ignorare il messaggio relativo ai coefficienti omega</u> <u>errati</u>)
- leggere i valori reali di omega dai menù *Acciaio s.l.* ► *Gerarchia delle resistenze* ► *Fatt. Omega* 7.5.4 e 7.5.5.
- Si deve prendere il valore minimo di omega considerando solamente gli elementi strutturali dove ci si attendono le plasticizzazioni.
- Tornare nel menù **Preferenze** > Normative > Acciaio > Avanzate
- Sostituire il valore di default 1.1 con 1.1*omega minimo*γον. Per i valori di γον fare riferimento al §7.5.1 del DM18.
- Rieseguire le verifiche degli elementi strutturali

Verifiche previste sugli elementi in acciaio

II D.M.18 prescrive le seguenti verifiche su elementi strutturali in acciaio:

Strutture non dissipative

Gli elementi tipo asta sono soggetti alle verifiche previste, dal DM18, ai punti: 4.2.3.1 Classificazione 4.2.4.1.2 Trazione/Compressione

Gli elementi tipo **trave** sono soggetti alle verifiche previste, dal DM18, ai punti: 4.2.3.1 Classificazione 4.2.4.1.2.1 Trazione 4.2.4.1.2.2 Compressione 4.2.4.1.2.4 Taglio-torsione 4.2.4.1.2.9 Flessione, taglio e forza assiale 4.2.4.1.3.1 Aste compresse 4.2.4.1.3.2 Instabilità flesso-torsionale 4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse (formula C4.2.32)

Gli elementi tipo **pilastro** sono sottoposti alle verifiche previste, dal DM18, ai punti: 4.2.3.1 Classificazione 4.2.4.1.2.1 Trazione 4.2.4.1.2.2 Compressione 4.2.4.1.2.4 Taglio-torsione 4.2.4.1.2.9 Flessione, taglio e forza assiale 4.2.4.1.3.1 Aste compresse 4.2.4.1.3.2 Instabilità flesso-torsionale 4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse (formula C4.2.32)

Strutture dissipative

Gli elementi tipo **trave** sono soggetti alle verifiche previste, dal DM18, ai punti: 4.2.4.1.2.1 Trazione 4.2.4.1.2.2 Compressione 4.2.4.1.2.9 Flessione, taglio e forza assiale 4.2.4.1.3.1 Aste compresse 4.2.4.1.3.2 Instabilità flesso-torsionale 4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse (formula C4.2.32) 7.5.4.1 Verifica a momento 7.5.4.1 Verifica a sforzo normale 7.5.4.1 Verifica a taglio

Gli elementi tipo **pilastro** sono sottoposti alle verifiche previste, dal DM18, ai punti: 4.2.4.1.2.1 Trazione 4.2.4.1.2.2 Compressione 4.2.4.1.2.4 Taglio-torsione 4.2.4.1.2.9 Flessione, taglio e forza assiale 4.2.4.1.3.1 Aste compresse 4.2.4.1.3.2 Instabilità flesso-torsionale 4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse (formula C4.2.32) 7.5.4.2 Verifica a taglio

Classificazione delle sezioni

La metodologia di progettazione viene diversificata a seconda della classe di appartenenza della sezione. L'individuazione della classe della sezione può avvenire in maniera automatica oppure essere assegnata dall'utente nella cartella *Verifica acciaio* all'interno della tabella delle sezioni.

abella de	lle sezioni						×
Sezioni Dati sezio	generiche ne Proget	Profili se to acciaio	mplici F Verifica acc	Profili accoppi iaio Soletta	ati acls	_	
Classe se Automati	zione ca 💌	Valor	i efficaci	Leggi fi	le		
Profilo sa Punto 1	N 124.40	V2 25.10	V3 0.0	T 120.00		—	
2 3 4	124.40 124.40 124.40	0.0 0.0 0.0	93.00 0.0 93.00	69.68 0.0 69.68	4	Copia	Incolla
<					>	Annulla	Esci
HEA 320						Applica	1 ÷

Nel caso si selezioni classe sezione *Automatica* la classificazione delle sezioni avviene attraverso le tabelle 4.2.III, 4.2.IV e 4.2.V del DM18.

Nel caso si selezioni classe sezione Automatica il programma memorizza tre classi per ogni profilo:

- Classe sezione per compressione
- Classe sezione per flessione attorno all'asse 3-3
- Classe sezione per flessione attorno all'asse 2-2.

Per gli elementi di tipo asta viene utilizzata sempre la classificazione per compressione.

Per gli elementi di tipo trave e pilastro vengono utilizzate le classi opportune a seconda della verifica che il programma esegue.

La classificazione tiene conto del fatto che la compressione può essere o meno significativa: se il rapporto N/N_{crit} <0.04, la compressione non viene considerata significativa, quindi la classificazione avviene per flessione (par. 4.2.4.1.3 DM18).

L'individuazione delle curve di instabilità avviene in automatico da parte del programma possibile modificare manualmente le curve di instabilità attraverso il comando Impostazioni avanzate.

L'opzione Sezione saldata serve ad individuare la curva di instabilità e per il calcolo del fattore λ_{LT} .

Attraverso il comando *Impostazioni avanzate* viene mostrata un'anteprima della classificazione della sezione corrente, tali valori sono puramente indicativi poiché dipendono solamente della geometria della sezione. In fase di verifica, al variare delle sollecitazioni e del materiale, il programma riesegue la classificazione della sezione. (Per ulteriori approfondimenti si veda il capitolo 2 del presente manuale *"Introduzione dati: gestione degli archivi"*).

Attraverso il comando *Valori efficaci* è possibile accedere alla finestra *Caratteristiche geometriche e efficaci della sezione* all'interno della quale è possibile visualizzare le caratteristiche geometriche efficaci della sezione utilizzate dal programma per effettuare le verifiche qualora la sezione ricada in classe 4.

Caratteristiche	e geometriche e effi	caci della sezione		×
Caratteristich	e geometriche	Caratteristiche efficaci		
Area	124.4	Areaeff (per compress.)	124.4	
W 2-2	465.7	eN2 (per compress.)	0.0	spost. baric.
W 3-3	1479.3	eN3 (per compress.)	0.0	spost. baric.
	405.7	W 2-2eff per M2 pos	465.9	tesa sn (3-)
W 2-2 sn	465.7	W 2-2eff per M2 neg	465.9	tesa dx (3+)
W 2-2 dx	465.7	W 3-3eff per M3 pos	1478.6	tesa inf (2-)
W 3-3 inf	1479.3	W 3-3eff per M3 neg	1478.6	tesa sup (2+)
W 3-3 sup	1479.3	🖂 l las valari automati	ni in unrifine (X)	
Note: corrispondenza	a assiEC3_2=z;3=y		ci in vennca ()	
unità di misura indicato	[cm] salvo dove	valori per fy	235.0	N/mm2
(*) Calcolo e op	izione disabilitata	Applica metodo iter	ativo	
per alcune sezi accoppiati e tu	oni generiche, profili bi tondi	🔽 Utilizza regime tensi	ionale effettivo	
			ОК	Annulla

Per i profili generici importati da Section maker la classificazione automatica non è disponibile. Il programma di default pone queste sezioni in classe 4. Per poter effettuare le verifiche è necessario forzare la sezione a lavorare almeno in classe 3 oppure specificare manualmente i parametri efficaci disattivando l'opzione Usa valori automatici. Per ulteriori approfondimenti si veda il capitolo 2 del presente manuale *"Introduzione dati: gestione degli archivi"*).

Controllo dei risultati della progettazione

Il comando menu dei comandi di controllo:

- □ *Stato di progetto* ► Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - colore giallo elementi non progettati;
 - colore blu elementi progettati e verificati;
 - colore rosso elementi progettati e non verificati; l'elemento non è verificato se almeno uno dei controlli riportati di seguito non è verificato.
- □ *Sfruttamento* % Permette la visualizzazione mediante mappa dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto.

□ Gerarchia delle resistenze ►

- **Sovraresistenza dir. X** Permette la visualizzazione dei risultati relativi alla sovraresistenza trave-pilastro in direzione X
- **Sovraresistenza dir. Y** Permette la visualizzazione dei risultati relativi alla sovraresistenza trave-pilastro in direzione Y
- *Momenti res. 2-2 col. (min)* Permette la visualizzazione dei momenti resistenti minimi delle colonne in acciaio in direzione 2-2
- *Momenti res.* 3-3 col. (min) Permette la visualizzazione dei momenti resistenti minimi delle colonne in acciaio in direzione 3-3
- *Momenti res. Travi* Permette la visualizzazione del momento resistente delle travi

Stato progetto SLU		
Sfruttamento (%)		
Gerarchia delle resistenze	•	Sovraresistenza dir. X
Controllo duttilità	•	Sovraresistenza dir. Y
S.L.U.	•	Momenti res. 2-2 col. (min)
S.L.U. capitolo 7	- -	Momenti res. 3-3 col. (min)
S.L.E.	→	Momenti res. travi
Snellezze	→	Fatt. Omega 7.5.4
Inviluppo S.L.U.	•	Fatt. Omega 7.5.5
Isola non verificati		Fatt. C.7.5.6 (distrib. controventi X)
Sospendi		Fatt. C.7.5.6 (distrib. controventi Y)
Verifica tamponatura 7.2.3	•	

• *Fatt. omega 7.5.4* Valore dei fattori omega così come definito dal paragrafo 7.5.4.2 del DM18. Per l'applicazione della gerarchia delle resistenze sarà necessario valutare il minimo valore tra gli Ω_i di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche

- *Fatt. omega* 7.5.5 Valore dei fattori omega così come definito dal paragrafo 7.5.4.2 del DM18. Per l'applicazione della gerarchia delle resistenze sarà necessario valutare il minimo valore tra gli Ω_i di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche
- *Fatt. C7.5.6 (distrib. controventi X)* Verifica come da formula C7.5.6 per strutture a controventi concentrici in direzione X. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- *Fatt.* **C7.5.6** (*distrib. controventi* **Y**) Verifica come da formula C7.5.6 per strutture a controventi concentrici in direzione Y. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1

□ Controllo duttilità ►

- Verifica [7.5.2] (duttilità zone tese) Verifica come da formula 7.5.2, relativa a membrature tese con collegamenti bullonati (paragrafo 7.5.3.2 DM18). La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verifica [7.5.3] (compressione colonne) Verifica come da formula 7.5.3, relativa alla compressione delle colonne primarie in cui si prevede la formazione di zone dissipative (paragrafo 7.5.3.2 DM18). La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verifica 7.5.3.2 (classe per ver. sismiche) Verifica della classe della sezione trasversale per le zone/elementi dissipativi come da tabella 7.5.1

□ SLU ►

- Verif. 4.2.4.1.2 V/T Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a taglio e torsione degli elementi espressi mediante i valori di V_{Ed}/V_{c,Rd} (oppure T_{Ed}/T_{Rd} se questa dovesse risultare più restrittiva). In presenza di torsione viene applicata la formula 4.2.24 per i profili ad I ed H o 4.2.25 per sezioni cave. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verif. 4.2.4.1.2 N/M Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a presso/tenso flessione degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio ρ (formula 4.2.40). Le formule utilizzate sono la 4.2.38 o 4.2.39, in funzione della aparena la verifica à da capacid

Stato progetto SLU Sfruttamento (%) Gerarchia delle resistenze	۰	
Controllo duttilità		Verifica [7.5.2] (duttilità zone tese)
S.L.U. S.L.U. capitolo 7 S.L.E. Snellezze Inviluppo S.L.U.	> > > >	Verifica [7.5.3] (compressione colonne) Verifica 7.5.3.2 (classe per ver. sismiche)
lsola non verificati Sospendi		
Verifica tamponatura 7.2.3	•	

Stato progetto SLU	
Gerarchia delle resistenze	+
S.L.U.	•
S.L.U. capitolo 7	•
S.L.E.	•
Snellezze	+
Inviluppo S.L.U.	•
Isola non verificati	
Sospendi	
Verifica tamponatura (7.2.3)) +

della classe della sezione. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1

- Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità eseguite secondo la formula 4.2.48. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless. Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità delle membrature presso-inflesse eseguite secondo uno dei due metodi previsti al paragrafo C.4.2.4.1.3.3 della circolare. Il metodo da utilizzare (Metodo A o Metodo B) può essere definito nelle impostazioni avanzate della sezione. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Tens. 4.2.4 (sqrt) Permette la visualizzazione della radice quadrata della somma degli sforzi di tensioni piani, espresso come dalla formula 4.2.4 da confrontare con f_{yk}/γ_{M0}:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}$$

- Valore C4.2.1 Parametro che consente di trattare le sezioni di classe 4 come sezioni di classe 3, come da formula C4.2.1. Se il valore è inferiore a 1 ai fini delle verifiche di resistenza è possibile considerare la sezione in classe 3.
- *Ver. Vu mista* Verifiche a taglio di una trave in acciaio con soletta collaborante in c.a. <u>La verifica è</u> disponibile solo con la normativa CNR10011/86
- *Mu mista* Verifiche a flessione di una trave in acciaio con soletta collaborante in c.a. <u>La verifica è</u> disponibile solo con la normativa CNR10011/86

SLU capitolo 7 🕨

- Verif. 4.2.4.1.2 V/T (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche a taglio/torsione. I valori di taglio delle colonne (V2 e V3) sono amplificati secondo le formula 7.5.8. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verif. 4.2.4.1.2 N/M (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche a presso/tenso flessione. I valori di sforzo normale e momenti delle colonne (N, M2 ed M3) sono amplificati secondo le formule 7.5.7 e 7.5.8. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1

Stato progetto SLU Sfruttamento (%)					
Gerarchia delle resistenze	•				
S.L.U.	•				
S.L.U. capitolo 7	•	Verif.	Verif. 4.2.4.1.2	Verif. 4.2.4.1.2 V/T (sis)	Verif. 4.2.4.1.2 V/T (sis)
S.L.E.	•	Verif.	Verif. 4.2.4.1.2	Verif. 4.2.4.1.2 N/M (sis	Verif. 4.2.4.1.2 N/M (sis)
Snellezze	•	Verif.	Verif. 4.2.4.1.3.	Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessio	Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione (sis)
Inviluppo S.L.U.	•	Verif.	Verif. 4.2.4.1.3.	Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso	Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless. (s
Isola non verificati		Verif.	Verif. 7.5.3 (trav	Verif. 7.5.3 (travi)	Verif. 7.5.3 (travi)
Sospendi		Verif.	Verif. 7.5.4 (trav	Verif. 7.5.4 (travi)	Verif. 7.5.4 (travi)
Verifica tamponatura (7.2.3)	•	Verif.	Verif. 7.5.5 (trav	Verif. 7.5.5 (travi)	Verif. 7.5.5 (travi)
 		Verif.	Verif. 7.5.9 (col	Verif. 7.5.9 (colonne)	Verif. 7.5.9 (colonne)

• Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità a flessione. Per strutture intelaiate il valore del momento delle colonne (M3) è amplificato secondo la formula 7.5.8 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1

- Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless. (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità delle membrature presso-inflesse. Per strutture intelaiate i valori dello sforzo normale e del momento delle colonne (N, M2,M3) sono amplificati secondo la formula 7.5.7 e 7.5.8. Per strutture a controventi concentrici i valori di sforzo normale delle travi (N) sono amplificati secondo la formula 7.5.7 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verif. 7.5.4 (travi) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 7.5.4 del DM18 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- **Verif. 7.5.5 (travi)** Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 7.5.5 del DM18 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verif. 7.5.6 (travi) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 7.5.6 del DM18 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verif. 7.5.10 (colonne) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 7.5.10 del DM18 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- □ SLE ►
 - Freccia (1000/L) Permette la visualizzazione dei valori della freccia massima negli elementi, espressi come rapporto: freccia = X/1000/L esprimibile anche come freccia = X·L/1000 dove X è il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore, L è la luce dell'elemento considerato.

Ad esempio se per un determinato elemento viene riportato in tabella il valore X = 5; la freccia massima ha il seguente valore: $freccia = 5 \cdot L / 1000 = L / 200$

□ Snellezze ►

- *Luce libera 3-3* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno all'asse 3-3 locale
- Luce libera 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno all'asse 2-2 locale
- *Luce svergol.* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza tra due ritegni torsionali successivi (che impediscono cioè la rotazione della sezione attorno all'asse longitudinale)
- **Snellezze 3-3** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno all'asse locale 3-3
- **Snellezze 2-2** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno all'asse locale 2-2



- **Snellezza adim. 3-3** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza adimensionale $\overline{\lambda}$ degli elementi per flessione attorno all'asse locale 3-3 calcolati come da formula 4.2.45 e 4.2.46 del DM18
- **Snellezza adim. 2-2** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza adimensionale $\overline{\lambda}$ degli elementi per flessione attorno all'asse locale 2-2 calcolati come da formula 4.2.45 e 4.2.46 del DM18;
- **Snellezza adim. LT0** Permette la visualizzazione del valore di snellezza adimensionale $\overline{\lambda}_{LT,0}$ degli elementi per flesso torsione calcolata come da paragrafo 6.3.2.2 delle UNI EN 1993-1-1, dove M_{cr} rappresenta il momento critico per instabilità flesso-torsionale
- Inviluppo S.L.U. Permette la visualizzazione dei valori di inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione degli elementi. Sui diagrammi visualizzati influiscono anche le opzioni definite nei criteri di progetto. Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni:
 - Sforzo Normale
 - Taglio 2
 - Taglio 3
 - Mom. torcente
 - Momento 2-2
 - Momento 3-3
- Isola non verificati Permette di realizzare il filtro e la visualizzazione degli elementi non verificati



- Sospendi Permette la sospensione dell'attività di controllo della progettazione
- Verifica tamponatura (7.2.3) Consente di accedere al menù di visualizzazione dei risultati di verifica dei tamponamenti. Per ulteriori approfondimenti si veda il capitolo 22 del presente manuale "Progettazione dei solai e verifica dei tamponamenti".

Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della progettazione, relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. <u>Premere il comando:</u>

Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione relativi al singolo elemento.

- 2. Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare clic con il mouse sull'elemento D2 che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame:
 - **Stato di progetto e verifica** Riporta i codici di verifica per tutte le verifiche eseguite sull'elemento strutturale (*Ok, Nv, non richiesta*)
 - Ver. 4.2.4.1.2 per taglio-torsione Riporta il valore della verifica a taglio e torsione degli elementi, espressa come rapporto tra il taglio ultimo e quello di progetto V_{Ed}/V_{c,Rd} (formula 4.2.16) oppure T_{Ed}/T_{Rd} (formula 4.2.28) se questa dovesse risultare più restrittiva

In presenza di torsione la resistenza a taglio del profilo viene opportunamente ridotta come da formule 4.2.24 e 4.2.25. Vengono inoltre riportate: la combinazione di riferimento in cui è stata effettuata la verifica, i relativi valori di taglio (V2,V3), di torsione (T) e la verifica relativa alla stabilità dell'anima (formula 4.2.27)

- Ver. 4.2.4.1.2 per sforzo normale e momenti Riporta il valore della verifica a presso/tenso flessione degli elementi, la combinazione di riferimento ed i relativi valori di sollecitazione (N, M2 ed M3). Vengono inoltre riportati: la classe della sezione ed il fattore di riduzione per taglio V = 1-ρ (formula 4.2.40)
- Ver. 4.2.4.1.3 flessione (stabilità) Riporta il valore della verifica di stabilità a flessione, la combinazione di riferimento ed il relativo valore di momento flettente (M3). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera adottata (beta x L), il momento critico elastico di instabilità torsionale utilizzato nella formula 4.2.51, il valore della snellezza adimensionalizzata $\overline{\lambda}$ (formula 4.2.45) ed il valore di χ (formula 4.2.44)

- Ver. 4.2.4.1.3 presso-flessione (stabilità) Riporta il valore di verifica di stabilità delle membrature presso-inflesse, la combinazione di riferimento ed i relativi valori di sollecitazione (N, M2, M3). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera di inflessione (beta x L), il valore della snellezza λ (formula 4.2.47), della snellezza adimensionalizzata $\overline{\lambda}$ (4.2.45), il valore di χ (4.2.44), il valore di fact W (il valore del rapporto 1-Ned/Ncrit, utilizzato nella formula C4.2.32), il valore di χ_{LT} (4.2.50) ed i valori critici delle sollecitazioni (N, Ntor, Ntorflx, Mtor)
- Ver. 4.2.4.1.3 aste composte Riporta il valore di verifica di resistenza delle aste composte, secondo la formula C4.2.25 della circolare al DM08. Vengono riportati inoltre i valori di ΔNf (incremento dello sforzo normale, secondo termine della formula C4.2.22), ΔM22f (V_{Ed}·a/4, come da schema C4.2.9), ΔV33f (V_{Ed}/2)
- Ver. 4.2.4.1.2 per taglio-torsione (sis) Riporta il valore della verifica a taglio e torsione degli elementi, espressa come rapporto tra il taglio ultimo e quello di progetto V_{Ed}/V_{c,Rd} (formula 4.2.16) oppure T_{Ed}/T_{Rd} (formula 4.2.28) se questa dovesse risultare più restrittiva, la combinazione sismica di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni (V2,V3,T). I valori di taglio delle colonne sono amplificati secondo le formula 7.5.9
- Ver. 4.2.4.1.2 per sforzo normale e momenti (sis) Riporta il valore della verifica a presso/tenso flessione, la combinazione sismica di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni (N, M2, M3). I valori di sforzo normale e momenti delle colonne sono amplificati secondo le formule 7.5.7 e 7.5.8. Viene inoltre riportati: la classe della sezione ed il fattore V = 1-ρ (formula 4.2.40)
- Ver. 4.2.4.1.3 flessione (stabilità) (sis) Riporta il valore della verifica di stabilità a flessione, la combinazione sismica di riferimento ed il relativo valore di momento flettente (M3). Per strutture intelaiate il valore del momento delle colonne è amplificato secondo la formula 7.5.8 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera adottata (beta x L), il momento critico elastico di instabilità torsionale utilizzato nella

formula 4.2.51, il valore della snellezza adimensionalizzata $^{\lambda}$ (formula 4.2.45) ed il valore di $^{\chi}$ (formula 4.2.44)

• Ver. 4.2.4.1.3 presso-flessione (stabilità) (sis) Riporta il valore della verifica di stabilità delle membrature presso-inflesse, la combinazione sismica di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni (N, M2, M3). Per strutture intelaiate i valori dello sforzo normale e del momento delle colonne sono amplificati secondo la formula 7.5.7 e 7.5.8. Per strutture a controventi concentrici i valori di sforzo normale delle travi sono amplificati secondo la formula 7.5.7 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera di inflessione (beta x L), il valore della snellezza λ (formula 4.2.47), della snellezza adimensionalizzata $\overline{\lambda}$ (4.2.45), il valore di χ (4.2.44),il valore di fact W (cioè il valore del rapporto

1-Ned/Ncrit, utilizzato nella formula C4.2.32), il valore di χ_{LT} (4.2.50), ed i valori critici delle sollecitazioni (N, Ntor, Ntorflx, Mtor)

- Ver. 4.2.4.1.3 aste composte (sis) Riporta il valore di verifica di resistenza delle aste composte, secondo la formula C4.2.25 della circolare. Vengono riportati inoltre i valori di ∆Nf (incremento dello sforzo normale, secondo termine della formula C4.2.22), ∆M22f (V_{Ed}·a/4, come da schema C4.2.9), ∆V33f (V_{Ed}/2). Le azioni sulle colonne saranno amplificate secondo il paragrafo 7.5.4.2
- Ver. 7.5.4 per telaio dissipativo Riporta il valore delle verifiche 7.5.4, 7.5.5, 7.5.6 e 7.5.10 previste dal paragrafo 7.5.4.1 (travi) e 7.5.4.2 (colonne), le combinazioni sismiche di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni



- 3. Facendo clic con il mouse sui simboli + e è possibile espandere/comprimere il contenuto delle cartelle
- 4. Impiegando l'apposito cursore è possibile controllare i risultati in varie posizioni lungo l'asse dell'elemento
- 5. Premere il consueto tasto di chiusura della finestra

Progettazione con DM 14/01/2008

Selezione della normativa

La selezione della normativa avviene in modo analogo al DM2018

Impostazione dei criteri di progetto

Le informazioni richieste nei criteri di progetto sono analoghe a quelle richieste con il DM2018.

Verifiche previste sugli elementi in acciaio

Gli elementi tipo asta sono soggetti alle verifiche previste, dal DM08, ai punti: 4.2.3.1 *Classificazione* 4.2.4.1.2 *Trazione/Compressione*

Gli elementi tipo **trave** sono soggetti alle verifiche previste, dal DM08, ai punti: 4.2.4.1.2 Trazione 4.2.4.1.3 Compressione 4.2.4.1.2 Flessione, taglio e forza assiale 4.2.4.1.3.1 Aste compresse 4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse (formula C4.2.32) 7.5.4.1 Verifica a momento 7.5.4.1 Verifica a sforzo normale 7.5.4.1 Verifica a taglio Gli elementi tipo **pilastro** sono sottoposti alle verifiche previste, dal DM08, ai punti: 4.2.4.1.2 Trazione/Compressione
4.2.4.1.2 Taglio-torsione
4.2.4.1.2 Flessione, taglio e forza assiale
4.2.4.1.3.1 Aste compresse
4.2.4.1.3.2 Instabilità flesso-torsionale
4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse (formula C4.2.32)
7.5.4.2 Verifica a taglio amplificato

Le verifiche del capitolo 7 sono disponibili solo nel caso si progetti una struttura dissipativa

Classificazione delle sezioni

La metodologia di classificazione delle sezioni è analoga a quella descritta per il DM2018.

Nel caso l'utente decida di utilizzare il calcolo automatico la classificazione delle sezioni avviene attraverso le tabelle 4.2.I, 4.2.II e 4.2.III del DM08.

Per le sezioni ricadenti in classe 4 la circolare 617/2009 prevede la possibilità di riclassificazione (ad eccezione delle verifiche di stabilità). Si riporta uno stralcio della circolare:



essendo cr_{aza} la massima bensicue di compressione indofta nella purle considerata dalle aza progetto.

- 1) In funzione della tensione di compressione è possibile incrementare di k il limite di rapporto larghezza/spessore previsto per la classe 3 utilizzato per la classificazione.
- 2) Per applicare questo metodo in PRO_SAP (valido per elementi inflessi):
- 3) Nell'archivio delle sezioni, nella cartella Verifica acciaio impostare classe 3

Tabella delle sezioni							
Sezioni gene	riche	Profili se	emplici	Profili	accoppiati		
Dati sezione	acciaio	Verifica a	Soletta cls				
Classe sezione							
Classe 3	-	Valo	ri efficaci	Leggi file			
Profilo saldato	Г		Impostazio	ni avan:	zate		

- 4) Eseguire le verifiche nel modo usuale
- 5) E' possibile effettuare le verifiche forzando il programma a considerare la sezione in classe 3 purché *Valore C4.2.1* sia < 1.



Per tutti i profili da Section maker questo rapporto non è noto, viene assunto unitario e il controllo di accettabilità è lasciato al progettista.

Controllo dei risultati della progettazione

Il comando permette l'accesso al menu dei comandi di controllo:

- □ **Stato di progetto** ► Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - o colore giallo elementi non progettati
 - o colore blu elementi progettati e verificati
 - o colore rosso elementi progettati e non verificati
- □ *Sfruttamento* % Permette la visualizzazione mediante mappa dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto

Stato progetto SLU

- □ Gerarchia delle resistenze ►
 - **Sovraresistenza dir. X e dir. Y** Permettono la visualizzazione dei risultati relativi rispettivamente alla sovraresistenza travepilastro in direzione X ed Y
 - *Momenti res. 2-2 col. (min)* e 3-3 col. (min) Permette la visualizzazione dei momenti resistenti minimi delle colonne in acciaio rispettivamente in direzione 2-2 ed in direzione 3-3
 - *Momenti res. Travi* Permette la visualizzazione del momento resistente delle travi
- Sfruttamento (%) Gerarchia delle resistenze Sovraresistenza dir. X Sovraresistenza dir. Y S.L.U. S.L.U. capitolo 7 Momenti res. 2-2 col. (min) S.L.E. Momenti res. 3-3 col. (min) Snellezze Momenti res. travi Inviluppo S.L.U. Fatt. Omega 7.5.4 Isola non verificati Fatt. Omega 7.5.5 Sospendi Verifica 7.5.1 (duttilità zone tese) Verifica tamponatura (7.2.3) Fatt. C.7.5.6 (distrib. controventi X) Fatt. C.7.5.6 (distrib. controventi Y)
- Fatt. omega 7.5.4 e 7.5.5 Valore dei fattori omega così come definiti rispettivamente dal paragrafo 7.5.4.2 e 7.5.5 del DM08.
- Verifica 7.5.1 (duttilità zone tese) Verifica come da formula 7.5.1, relativa a membrature tese con collegamenti bullonati (paragrafo 7.5.3.2 DM08). La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Fatt. C7.5.6 (distrib. controventi X ed Y) Verifica come da formula C7.5.6 per strutture a controventi concentrici rispettivamente in direzione X ed Y. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- 🗆 SLU 🕨
 - Verif. 4.2.4.1.2 V/T Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a taglio e torsione degli elementi espressi mediante i valori di $V_{Ed}/V_{c,Rd}$ (oppure T_{Ed}/T_{Rd} se questa dovesse risultare più restrittiva). In presenza di torsione viene applicata la formula 4.2.25 o 4.2.26 per sezioni cave. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
 - Verif. 4.2.4.1.2 N/M Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a presso/tenso flessione degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio ρ (formula 4.2.41). Le formule utilizzate sono la 4.2.39 o 4.2.40, in funzione della elementa dell

Stato progetto SLU	
Sfruttamento (%)	
Gerarchia delle resistenze	•
S.L.U.	•
S.L.U. capitolo 7	•
S.L.E.	•
Snellezze	•
Inviluppo S.L.U.	•
Isola non verificati	
Sospendi	
Verifica tamponatura (7.2.3)	•

- funzione della classe della sezione. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
 Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità eseguite secondo la formula 4.2.49. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless. Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità delle membrature presso-inflesse eseguite secondo uno dei due metodi previsti al paragrafo C.4.2.4.1.3.3 della circolare. Il metodo da utilizzare (Metodo A o Metodo B) può essere definito nelle impostazioni avanzate della sezione. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- *Tens. 4.2.5 (sqrt)* Permette la visualizzazione della radice quadrata della somma degli sforzi di tensioni piani, espresso come dalla formula 4.2.5 da confrontare con f_{yk}/γ_{M0}:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{z,Ed} + 3\tau_{Ed}^2}$$

• Valore C4.2.1 Parametro che consente di trattare le sezioni di classe 4 come sezioni di classe , coma da formula C4.2.1. In funzione della tensione di compressione è possibile incrementare di k il limite di rapporto larghezza/spessore previsto per la classe 3 utilizzato per la classificazione. Il controllo è da considerarsi soddisfatto se il valore è inferiore a 1.

□ SLU capitolo 7 ►

- Verif. 4.2.4.1.2 V/T (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche a taglio/torsione. I valori di taglio delle colonne (V2 e V3) sono amplificati secondo le formula 7.5.8. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verif. 4.2.4.1.2 N/M (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche a presso/tenso flessione. I valori di sforzo normale e momenti delle colonne (N, M2 ed M3) sono amplificati secondo le formule 7.5.6 e 7.5.7. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

			 -		-	-	-
~	Stato progetto SLU						
	Sfruttamento (%)						
	Gerarchia delle resistenze	•					
	S.L.U.	•					
	S.L.U. capitolo 7	•	Verif. 4.2.4	Verif. 4.2.4.1.2 V/T (sis)	Verif. 4.2.4.1.2 V/T (sis)	Verif. 4.2.4.1.2 V/T (sis)	Verif. 4.2.4.1.2 V/T (sis)
	S.L.E.	•	Verif. 4.2.4	Verif. 4.2.4.1.2 N/M (si	Verif. 4.2.4.1.2 N/M (sis)	Verif. 4.2.4.1.2 N/M (sis)	Verif. 4.2.4.1.2 N/M (sis)
	Snellezze	•	Verif. 4.2.4	Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessi	Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione (sis)	Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione (sis)	Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione (sis)
	Inviluppo S.L.U.		Verif. 4.2.4	Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso	Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless. (si	Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless. (sis)	Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless. (sis)
	lsola non verificati		Verif. 7.5.3	Verif. 7.5.3 (travi)	Verif. 7.5.3 (travi)	Verif. 7.5.3 (travi)	Verif. 7.5.3 (travi)
	Sospendi		Verif. 7.5.4	Verif. 7.5.4 (travi)	Verif. 7.5.4 (travi)	Verif. 7.5.4 (travi)	Verif. 7.5.4 (travi)
	Verifica tamponatura (7.2.3)	•	Verif. 7.5.5	Verif. 7.5.5 (travi)	Verif. 7.5.5 (travi)	Verif. 7.5.5 (travi)	Verif. 7.5.5 (travi)
			Verif. 7.5.9	Verif. 7.5.9 (colonne)	Verif. 7.5.9 (colonne)	Verif. 7.5.9 (colonne)	Verif. 7.5.9 (colonne)
			Verif. 7.5.1	Verif. 7.5.1 (colonne)	Verif. 7.5.1 (colonne)	Verif. 7.5.1 (colonne)	Verif. 7.5.1 (colonne)

Verif. 4.2.4.1.3.2 Flessione (sis) Permette la
 visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità a flessione. Per strutture intelaiate il valore del
 momento delle colonne (M3) è amplificato secondo la formula 7.5.7 (il fattore omega non ha influenza
 sulle travi per strutture intelaiate). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.

- Verif. 4.2.4.1.3.3 Presso-fless. (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità delle membrature presso-inflesse. Per strutture intelaiate i valori dello sforzo normale e del momento delle colonne (N, M2,M3) sono amplificati secondo la formula 7.5.6 e 7.5.7. Per strutture a controventi concentrici i valori di sforzo normale delle travi (N) sono amplificati secondo la formula 7.5.6 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verif. [7.5.4] (travi) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 7.5.3 del DM08 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verif. [7.5.5] (travi) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 7.5.4 del DM08 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verif. [7.5.6] (travi) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 7.5.5 del DM08 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verif. [7.5.10] (colonne) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 7.5.9 del DM08 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- □ SLE ►
 - Freccia (1000/L) Permette la visualizzazione dei valori della freccia massima negli elementi, espressi come rapporto: freccia = X/1000/L esprimibile anche come freccia = X·L/1000 dove X è il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore, L è la luce dell'elemento considerato.

Ad esempio se per un determinato elemento viene riportato in tabella il valore X = 5; la freccia massima ha il seguente valore: $freccia = 5 \cdot L / 1000 = L / 200$

□ Snellezze ►

- *Luce libera 3-3 e 2-2* Permettono la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione rispettivamente attorno all'asse locale 3-3 e 2-2 dell'elemento
- *Luce svergol.* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza tra due ritegni torsionali successivi (che impediscono cioè la rotazione della sezione attorno all'asse longitudinale)
- **Snellezze 3-3 e 2-2** Permettono la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione rispettivamente attorno all'asse locale 3-3 e 2-2
- Snellezza adim. 3-3 e 2-2 Permettono la visualizzazione

dei valori della snellezza adimensionale $\overline{\lambda}$ per flessione degli elementi rispettivamente attorno all'asse locale 3-3 e 2-2. I valori sono calcolati come da formula 4.2.46 e 4.2.47 del DM08

Stato progetto SLU		
Sfruttamento (%)		
Gerarchia delle resistenze	•	
S.L.U.	•	
S.L.U. capitolo 7	•	
S.L.E.	•	Freccia (1000/L)
Snellezze	•	
Inviluppo S.L.U.	•	
Isola non verificati		
Sospendi		
Verifica tamponatura (7.2.3)	•	
Stato progetto SLU		
Sfruttamento (%)		
Gerarchia delle resistenze	•	
S.L.U.	•	
S.L.U. capitolo 7	•	
S.L.E.	•	
Snellezze	+	Luce libera 3-3
Inviluppo S.L.U.	→	Luce libera 2-2
Isola non verificati		Luce svergol.
Sospendi		Snellezze 3-3
Verifica tampopatura (7.2.3)		Snellezze 2-2
 vennca tamponatura (7.2.5)	-	Snellezza adim. 3-3
		Snellezza adim. 2-2
		Snellezza adim. LTO

- **Snellezza adim. LT0** Permette la visualizzazione del valore di snellezza adimensionale $\overline{\lambda}_{LT,0}$ degli elementi per flesso torsione calcolata come da paragrafo 6.3.2.2 delle UNI EN 1993-1-1, dove M_{cr} rappresenta il momento critico per instabilità flesso-torsionale
- Inviluppo S.L.U. Permette la visualizzazione dei valori di inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione degli elementi. Sui diagrammi visualizzati influiscono anche le opzioni definite nei criteri di progetto. Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni:
 - Sforzo Normale
 - Taglio 2
 - Taglio 3
 - Mom. torcente
 - Momento 2-2
 - Momento 3-3



- Isola non verificati Permette di realizzare il filtro e la visualizzazione degli elementi non verificati
- Sospendi Permette la sospensione dell'attività di controllo della progettazione
- Verifica tamponatura (7.2.3) Consente di accedere al menù di visualizzazione dei risultati di verifica dei tamponamenti. Per ulteriori approfondimenti si veda il capitolo 22 del presente manuale "Progettazione dei solai e verifica dei tamponamenti".

Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della progettazione, relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. Premere il comando:

Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione relativi al singolo elemento.

- 2. Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare clic con il mouse sull'elemento D2 che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame:
 - **Stato di progetto e verifica** Riporta i codici di verifica per tutte le verifiche eseguite sull'elemento strutturale (*Ok, Nv, non richiesta*)
 - Ver. 4.2.4.1.2 per taglio-torsione Riporta il valore della verifica a taglio e torsione degli elementi, espressa come rapporto tra il taglio ultimo e quello di progetto V_{Ed}/V_{c,Rd} (formula 4.2.17) oppure T_{Ed}/T_{Rd} (formula 4.2.29) se questa dovesse risultare più restrittiva In presenza di torsione la resistenza a taglio del profilo viene opportunamente ridotta come da formule 4.2.25 e 4.2.26. Vengono inoltre riportate: la combinazione di riferimento in cui è stata effettuata la verifica, i relativi valori di taglio (V2,V3), di torsione (T) e la verifica relativa alla stabilità dell'anima (formula 4.2.28)
 - Ver. 4.2.4.1.2 per sforzo normale e momenti Riporta il valore della verifica a presso/tenso flessione degli elementi, la combinazione di riferimento ed i relativi valori di sollecitazione (N, M2 ed M3). Vengono inoltre riportati: la classe della sezione ed il fattore di riduzione per taglio V = 1-ρ (formula 4.2.41)
 - Ver. 4.2.4.1.3 flessione (stabilità) Riporta il valore della verifica di stabilità a flessione, la combinazione di riferimento ed il relativo valore di momento flettente (M3). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera adottata (beta x L), il momento critico elastico di instabilità torsionale utilizzato nella formula 4.2.51, il valore della snellezza adimensionalizzata $\overline{\lambda}$ (formula 4.2.46) ed il valore di γ (formula 4.2.45)
 - Ver. 4.2.4.1.3 presso-flessione (stabilità) Riporta il valore di verifica di stabilità delle membrature presso-inflesse, la combinazione di riferimento ed i relativi valori di sollecitazione (N, M2, M3). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera di inflessione (beta x L), il valore della snellezza λ (formula 4.2.48), della snellezza adimensionalizzata $\overline{\lambda}$ (4.2.46), il valore di χ (4.2.45),

il valore di fact W (il valore del rapporto 1-Ned/Ncrit, utilizzato nella formula C4.2.32), il valore di χ_{LT} (4.2.51) ed i valori critici delle sollecitazioni (N, Ntor, Ntorflx, Mtor)

- Ver. 4.2.4.1.3 aste composte Riporta il valore di verifica di resistenza delle aste composte, secondo la formula C4.2.25 della circolare al DM08. Vengono riportati inoltre i valori di ΔNf (incremento dello sforzo normale, secondo termine della formula C4.2.22), ΔM22f (V_{Ed}·a/4, come da schema C4.2.9), ΔV33f (V_{Ed}/2)
- Ver. 4.2.4.1.2 per taglio-torsione (sis) Riporta il valore della verifica a taglio e torsione degli elementi, espressa come rapporto tra il taglio ultimo e quello di progetto V_{Ed}/V_{c,Rd} (formula 4.2.17) oppure T_{Ed}/T_{Rd} (formula 4.2.29) se questa dovesse risultare più restrittiva, la combinazione sismica di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni (V2,V3,T). I valori di taglio delle colonne sono amplificati secondo le formula 7.5.8
- Ver. 4.2.4.1.2 per sforzo normale e momenti (sis) Riporta il valore della verifica a presso/tenso flessione, la combinazione sismica di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni (N, M2, M3). I valori di sforzo normale e momenti delle colonne sono amplificati secondo le formule 7.5.6 e 7.5.7. Vengono inoltre riportati: la classe della sezione ed il fattore V = 1-ρ (formula 4.2.41)
- Ver. 4.2.4.1.3 flessione (stabilità) (sis) Riporta il valore della verifica di stabilità a flessione, la combinazione sismica di riferimento ed il relativo valore di momento flettente (M3). Per strutture intelaiate il valore del momento delle colonne è amplificato secondo la formula 7.5.7 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera adottata (beta x L), il momento critico elastico di instabilità torsionale utilizzato nella

formula 4.2.50, il valore della snellezza adimensionalizzata $^{\lambda}$ (formula 4.2.46) ed il valore di $^{\chi}$ (formula 4.2.45)

• Ver. 4.2.4.1.3 presso-flessione (stabilità) (sis) Riporta il valore della verifica di stabilità delle membrature presso-inflesse, la combinazione sismica di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni (N, M2, M3). Per strutture intelaiate i valori dello sforzo normale e del momento delle colonne sono amplificati secondo la formula 7.5.6 e 7.5.7. Per strutture a controventi concentrici i valori di sforzo normale delle travi sono amplificati secondo la formula 7.5.6 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera di inflessione (beta x L), il valore della snellezza λ (formula 4.2.48), della snellezza adimensionalizzata $\overline{\lambda}$ (4.2.46), il valore di χ (4.2.45), il valore di fact W (cioè il valore del rapporto

1-Ned/Ncrit, utilizzato nella formula C4.2.32), il valore di χ_{LT} (4.2.51), ed i valori critici delle sollecitazioni (N, Ntor, Ntorflx, Mtor)

- Ver. 4.2.4.1.3 aste composte (sis) Riporta il valore di verifica di resistenza delle aste composte, secondo la formula C4.2.25 della circolare. Vengono riportati inoltre i valori di ∆Nf (incremento dello sforzo normale, secondo termine della formula C4.2.22), ΔM22f (V_{Ed}·a/4, come da schema C4.2.9), ΔV33f (V_{Ed}/2). Le azioni sulle colonne saranno amplificate secondo il paragrafo 7.5.4.2
- Ver. 7.5.4 per telaio dissipativo Riporta il valore delle verifiche 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5 e 7.5.9 previste dal paragrafo 7.5.4.1 (travi) e 7.5.4.2 (colonne), le combinazioni sismiche di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni
- 3. Facendo clic con il mouse sui simboli + e è possibile espandere/comprimere il contenuto delle cartelle relative ai vari tipi di verifiche
- 3. Impiegando l'apposito cursore è possibile controllare i risultati in varie posizioni lungo l'asse dell'elemento
- 4. Premere il consueto tasto di chiusura della finestra



Progettazione con UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3)

Selezione della normativa

Per l'attivazione dell'Eurocodice 3 è sufficiente realizzare la selezione della normativa con i comandi riportati di seguito:

Preferenze ► Normative ► Acciaio ► EC3

Normative in uso			×
Cemento armato	Acciaio	Legno	Muratura
D.M. 2018	C D.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018
© D.M. 2008	© D.M. 2008	C D.M. 2008	© D.M. 2008
C EC 2	€ EC 3	C EC 5	C D.M. 87
© D.M. 96	C CNR 10011	C REGLES C.B.71	C EC 6
	C ENV 1993-1994		© D.M. 2005
	C AISC		
Avanzate	Avanzate	Avanzate	
Sismica		- Resistenza al fuoco	
D.M. 2018	C D.M. 2005	Avanzate	
© D.M. 2008	🔘 Ordinanza 3274		
C EC 8	C D.M. 96		
Verifiche sismiche per edificio esistente	Avanzate		0K Annulla

Finestra impostazione per verifica acciaio

Utilizzando il comando *Avanzate* presente nella cornice *Acciaio* è possibile accedere alla finestra *Impostazione per verifica acciaio*:

All'interno della finestra è possibile personalizzare i coefficienti parziali di sicurezza. Per la progettazione secondo UNI EN 1993-1-1:2005 è necessario fare riferimento al paragrafo 6.1

L'opzione *Modella sezione simmetrica anche se non simmetrica* consente di effettuare le verifiche dei profili non doppiamente simmetrici lungo gli assi locali 2-2 e 3-3 anziché lungo gli assi principali d'inerzia.

All'interno della casella *Fattore ETA* è possibile specificare il valore del coefficiente η per la verifica di instabilità a taglio in funzione della classe di acciaio come specificato al punto 5.1 delle UNI EN 1993-1-5:2006.

(2) Plates with
$$h_{\theta}/r$$
 greater than $\frac{72}{\eta}\varepsilon$ for an unstiffered web, or $\frac{31}{\eta}\varepsilon\sqrt{k_{\pm}}$ for a stiffered web, should be checked for resistance to shear buckling and should be provided with transverse stifferers at the supports, where $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_{\pm}[N/mm^2]}}$.

NOTE 2: The National Annex will define η . The value $\eta = 1.20$ is recommended for steel grades up to and including \$460. For higher steel grades $\eta = 1.00$ is recommended.

La cornice Verifiche sismiche (gerarchia delle resistenze) consente di impostare i valori di $1.1*\gamma rd*\Omega$ per strutture intelaiate e per strutture con controventi concentrici. Il valore di Ω viene determinato <u>dopo</u> aver eseguito il calcolo della struttura (vedi paragrafo *"Progettazione di strutture dissipative"*).

mpostazion	e per verifica acciaio						
– Normativa	di riferimento						
C UNI EN	V 1993 O EC3-UNI EN 1993 O D.M. 14 01 2008 O D.M. 17 01 2018						
1.05	Coeff. parziale sicurezza materiale gammaM0 (resistenza)						
1.05	Coeff. parziale sicurezza materiale gammaM1 (stabilità)						
1.2	Coeff. parziale sicurezza materiale gammaM2 (frattura)						
Modella e	e verifica sezione non simmetrica come simmetrica (Assegna Jxy=0)						
0.7	Fattore riduttivo psivec (ENV 2.3.3.1)						
1	Fattore ETA (UNI EN 1993-1-5 5.1 rif. taglio)						
-Verifiche si	smiche (gerarchia delle resistenze)						
1.1	Applica capitolo 7.5.4 (strutture intelaiate) [*]						
1.1	Applica capitolo 7.5.5 (strutture con controventi concentrici) [*]						
[*] Inserire il valore 1.1 x gam_ov x Omega relativo alla verifica di interesse;							
	0K Annulla						

Progettazione di strutture dissipative

Nel caso si voglia progettare una struttura dissipativa nel menù **Preferenze** ► **Normative** ► **Acciaio** ► **Avanzate** è necessario attivare le opzioni Applica capitolo 7.5.4 (strutture intelaiate) ed Applica capitolo 7.5.5 (strutture con controventi concentrici).

	– Verifiche sismiche (gerarchia delle resistenze)						
1.1 Applica capitolo 7.5.4 (strutture intelaiate) [*]							
1.1 Applica capitolo 7.5.5 (strutture con controventi concentrici) [*]							
	[*] Inserire il valore 1.1 x gam_ov x Omega relativo alla verifica di interesse; par. 7.5.1: gam_ov =1.25 per acciai fino a \$355; 1.15 per i						
1							

È possibile attivare una sola delle due opzioni o entrambe, a seconda del tipo di struttura che si sta progettando.

Attivando le opzioni vengono richiesti i valori di amplificazione delle sollecitazioni per l'applicazione delle formule 6.6 e 6.12 di UNI EN 1998-1:2005 (Eurocodice 8). Questi valori possono essere calcolati automaticamente dal programma attraverso una procedura iterativa articolata nei seguenti punti:

- nel menù **Preferenze** ► **Normative** ► **Acciaio** ► **Avanzate** attivare le opzioni Applica capitolo 7.5.4 e/o Applica capitolo 7.5.5 (a seconda del tipo di struttura che si sta progettando)
- lasciare i valori di default dei coefficienti di amplificazione 1.1
- eseguire le verifiche degli elementi strutturali (ignorare il messaggio relativo ai coefficienti omega errati)
- leggere i valori reali di omega dai menù *Acciaio s.l.* ► *Gerarchia delle resistenze* ► *Fatt. Omega* 7.5.4 e 7.5.5.
- Si deve prendere il valore minimo di omega considerando solamente gli elementi strutturali dove ci si attendono le plasticizzazioni.
- Tornare nel menù *Preferenze* ► *Normative* ► *Acciaio* ► *Avanzate*
- Sostituire il valore di default 1.1 con 1.1*omega minimo*γον. Per i valori di γον fare riferimento al §6.2 dell'Eurocodice 8.
- Rieseguire le verifiche degli elementi strutturali

Impostazione dei criteri di progetto

Le informazioni richieste nei criteri di progetto sono le stesse richieste per la progettazione secondo il DM2018. Per brevità la descrizione dei criteri di progetto viene omessa e si rimanda al paragrafo sul DM2018.

L'unica opzione presente nei criteri di progetto non prevista per la progettazione secondo il DM18 è la seguente, disponibile nei criteri di progetto per le travi in acciaio ed in quello per i pilastri in acciaio:

• **Coefficiente alfa, cr, op** Consente di definire il valore del minimo moltiplicatore critico per instabilità flesso-torsionale. Questo dato è necessario per calcolare la snellezza adimensionale con la formula 6.64 dell'Eurocodice 3. <u>Questo dato serve solo nel caso in le verifiche a svergolamento vengano eseguite con il metodo generale, §6.3.4 dell'Eurocodice 3</u>

Verifiche previste sugli elementi in acciaio

Le UNI EN 1993-1-1:2005 (Eurocodice 3) prescrive le seguenti verifiche su elementi strutturali in acciaio: **Strutture non dissipative**

Gli elementi tipo asta sono soggetti alle verifiche previste, dalle norme UNI EN 1993-1-1:2005, ai punti:

- 5.5.2 Classificazione
- 6.2.3 Trazione
- 6.2.4 Compressione

Gli elementi tipo trave sono soggetti alle verifiche previste, dal DM08, ai punti:

- 5.5.2 Classificazione
- 6.2.3 Trazione
- 6.2.4 Compressione
- 6.2 Taglio-torsione
- 6.2.10 Flessione, taglio e forza assiale
- 6.3.1 Aste compresse
- 6.3.2. Instabilità flesso-torsionale
- 6.3.3 *Membrature inflesse e compresse*

Gli elementi tipo pilastro sono sottoposti alle verifiche previste, dal DM08, ai punti:

- 5.5.2 Classificazione
- 6.2.3 Trazione
- 6.2.4 Compressione
- 6.2 Taglio-torsione
- 6.2.10 Flessione, taglio e forza assiale
- 6.3.1 Aste compresse
- 6.3.2 Instabilità flesso-torsionale
- 6.3.3 Membrature inflesse e compresse

Strutture dissipative

Ai fini delle verifiche per strutture dissipative si considerano sia le verifiche del capitolo 6 delle **UNI EN 1993-1-1** (con azioni amplificate) che le verifiche del capitolo 6 delle **UNI EN 1998-1**.

Gli elementi tipo trave sono soggetti alle verifiche previste, ai punti:

6.2.3 (UNI EN 1993-1-1) Trazione
6.2.4 (UNI EN 1993-1-1) Compressione
6.2.10 (UNI EN 1993-1-1) Flessione, taglio e forza assiale
6.3.1 (UNI EN 1993-1-1) Aste compresse
6.3.3 (UNI EN 1993-1-1) Membrature inflesse e compresse
6.6.2 (UNI EN 1998-1) Verifica a momento
6.6.2 (UNI EN 1998-1) Verifica a taglio

Gli elementi tipo **pilastro** sono sottoposti alle verifiche previste, ai punti: 6.2.3 (UNI EN 1993-1-1) Trazione 6.2.4 (UNI EN 1993-1-1) Compressione 6.2 (UNI EN 1993-1-1) Taglio-torsione 6.2.10 (UNI EN 1993-1-1) Flessione, taglio e forza assiale 6.3.1 (UNI EN 1993-1-1) Aste compresse 6.3.2 (UNI EN 1993-1-1) Instabilità flesso-torsionale 6.3.3 (UNI EN 1993-1-1) Membrature inflesse e compresse 6.6.3 (UNI EN 1998-1) Verifica a taglio amplificato

Controllo dei risultati della progettazione

Il comando permette l'accesso al menu dei comandi di controllo:

- □ *Stato di progetto* ► Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - colore giallo elementi non progettati;
 - 。 colore blu elementi progettati e verificati;
 - colore rosso elementi progettati e non verificati; l'elemento non è verificato se almeno uno dei controlli riportati di seguito non è verificato
- Sfruttamento % Permette la visualizzazione mediante mappa dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto

Gerarchia delle resistenze

- Sovraresistenza dir. X Permette la visualizzazione dei risultati relativi alla sovraresistenza trave-pilastro in direzione X
- Sovraresistenza dir. Y Permette la visualizzazione dei risultati relativi alla sovraresistenza trave-pilastro in direzione Y
- Stato progetto SLU Sfruttamento (%) Gerarchia delle resistenze Sovraresistenza dir. X Sovraresistenza dir. Y S.L.U. S.L.U. EN 1998 Momenti res. 2-2 col. (min) S.L.E. Momenti res. 3-3 col. (min) Momenti res, travi Snellezze Inviluppo S.L.U. Fatt. Omega EN1998 6.6.3 Isola non verificati Fatt. Omega EN1998 6.7.4 Sospendi Verifica EN 1998 6.5.4.1 (duttilità zone tese) Valore EN 1998 (6.11) - distrib. controventi X Valore EN 1998 (6.11) - distrib, controventi Y
- Momenti res. 2-2 col. (min) Permette la
 visualizzazione dei momenti resistenti minimi delle colonne in acciaio in direzione 2-2
- *Momenti res. 3-3 col. (min)* Permette la visualizzazione dei momenti resistenti minimi delle colonne in acciaio in direzione 3-3
- Momenti res. Travi Permette la visualizzazione del momento resistente delle travi
- Fatt. omega EN 1998 6.6.3 Valore dei fattori omega così come definito dal paragrafo 6.6.3 delle UNI EN 1998-1; per l'applicazione della gerarchia delle resistenze sarà necessario valutare il minimo valore tra gli Ω_i di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche
- Fatt. omega EN 1998 6.7.4 Valore dei fattori omega così come definito dal paragrafo 6.7.4 delle UNI EN 1998-1 Per l'applicazione della gerarchia delle resistenze sarà necessario valutare il minimo valore tra gli Ωi di tutte le travi in cui si attende la formazione di cerniere plastiche
- Verifica EN1998 6.5.4.1 (duttilità zone tese) Verifica delle membrature tese con collegamenti bullonati come previsto dal paragrafo 6.5.4 (1). La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Valore EN 1998 (6.11) distrib. Controventi X Verifica come da formula 6.11 delle UNI EN 1998-1 per strutture a controventi concentrici in direzione X. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Valore EN 1998 (6.11) distrib. Controventi X Verifica come da formula 6.11 delle UNI EN 1998-1 per strutture a controventi concentrici in direzione X. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1

□ SLU ►

- Verifica 6.2.6/6.2.7 V/T Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a taglio e torsione degli elementi espressi mediante i valori di $V_{Ed}/V_{c,Rd}$ (oppure T_{Ed}/T_{Rd} se questa dovesse risultare più restrittiva). In presenza di torsione viene applicata la formula 6.26 o 6.28 per sezioni cave. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verifica 6.2.10 N/M Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a presso/tenso flessione degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio ρ (formula 6.45). La formula utilizzata è la 6.41 con i valori dei coefficienti α e β in funzione la verifica è de contenti de la superifica è de contenti funzione della finalazia di accione la verifica è de contenti funzione della finalazia di accione la verifica è de contenti funzione della finalazia di accione la verifica è de contenti funzione della finalazia di accione di accione de la superifica di accione della finalazia di accione di accione della finalazia di accione della finalazia di accione di accione di accione della finalazia di accione della finalazia di accione di accione della finalazia di accione della finalazia di accione di accione della finalazia di accione di accione di accione della finalazia di accione di accione di accione della finalazia di accione della finalazia di accione di accione della finalazia di accione di accione di accione di accione di accione di accione della finalazia di accione di accio

Stato progetto SLU Sfruttamento (%)	
Gerarchia delle resistenze	•
S.L.U.	•
S.L.U. EN 1998	•
S.L.E.	→
Snellezze	•
Inviluppo S.L.U.	•
lsola non verificati	
Sospendi	

- funzione della tipologia di sezione. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
 Verifica 6.3.2 Flessione Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità eseguite secondo la formula 6.54. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verifica 6.3.3 Presso-fless. Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità delle membrature presso-inflesse eseguite secondo uno dei due metodi previsti al paragrafo 6.3.3. Il metodo da utilizzare (Annex A o Annex B) può essere definito nelle impostazioni avanzate della sezione. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- **Tensione 6.1 (sqrt)** Permette la visualizzazione della radice quadrata della somma degli sforzi di tensioni piani, espresso come dalla formula 6.1da confrontare con f_y/γ_{M0}:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{x,\mathcal{E}d}^2 + \sigma_{z,\mathcal{E}d}^2 - \sigma_{x,\mathcal{E}d} \cdot \sigma_{z,\mathcal{E}d} + 3\tau_{\mathcal{E}d}^2}$$

Valore 5.5.2 (9) – classe 4 Parametro che consente di trattare le sezioni di classe 4 come sezioni di classe 3 come espresso dalla formula 5.5.2(9). In funzione della tensione di compressione è possibile incrementare di k il limite di rapporto larghezza/spessore previsto per la classe 3 utilizzato per la classificazione. Il controllo è da considerarsi soddisfatto se il valore è inferiore a 1.

□ SLU EN 1998 ►

- Verifica 6.2.6/6.2.7 V/T (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche a taglio/torsione. I valori di taglio delle colonne (V2 e V3) sono amplificati secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.
- Verifica 6.2.10 N/M (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche a presso/tenso flessione. I valori di sforzo normale e momenti delle colonne (N, M2 ed M3) sono amplificati secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1. La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1.



- Verifica 6.3.2 Flessione (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità a flessione. Per strutture intelaiate il valore del momento delle colonne (M3) è amplificato secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). La verifica è da considerarsi soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verifica 6.3.3 Presso-fless. (sis) Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità delle membrature presso-inflesse. Per strutture intelaiate i valori dello sforzo normale e del momento delle colonne (N, M2,M3) sono amplificati secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1. Per strutture a controventi concentrici i valori di sforzo normale delle travi (N) sono amplificati secondo la formula 6.6 delle UNI EN 1998-1 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verifica EN 1998 (6.2)- travi Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 6.2 delle UNI EN 1998-1 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verifica EN 1998 (6.3)- travi Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 6.3 delle UNI EN 1998-1 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- Verifica EN 1998 (6.4)- travi Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 6.6 delle UNI EN 1998-1 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1

- Verifica EN 1998 (6.7)- colonne Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche relative alla formula 6.7 delle UNI EN 1998-1 per le travi. La verifica è soddisfatta se il valore è inferiore a 1
- □ SLE ►
 - Freccia (1000/L) Permette la visualizzazione dei valori della freccia massima negli elementi, espressi come rapporto: freccia = X/1000/L esprimibile anche come freccia = X·L/1000 dove X è il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore, L è la luce dell'elemento considerato.

Ad esempio se per un determinato elemento viene riportato in tabella il valore X = 5; la freccia massima ha il seguente valore: $freccia = 5 \cdot L / 1000 = L / 200$

□ Snellezze ►

- *Luce libera 3-3* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno all'asse 3-3 locale
- Luce libera 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno all'asse 2-2 locale
- *Luce svergol.* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza tra due ritegni torsionali successivi (che impediscono cioè la rotazione della sezione attorno all'asse longitudinale);
- **Snellezze 3-3** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno all'asse locale 3-3
- **Snellezze 2-2** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno all'asse locale 2-2
- Snellezza adim. 3-3 Permette la visualizzazione dei valori

della snellezza adimensionale $\overline{\lambda}$ degli elementi per flessione attorno all'asse locale 3-3 calcolati come da paragrafo 6.3.1.2 delle UNI EN 1993-1-1

- **Snellezza adim. 2-2** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza adimensionale $\overline{\lambda}$ degli elementi per flessione attorno all'asse locale 2-2 calcolati come da paragrafo 6.3.1.2 delle UNI EN 1993-1-1
- **Snellezza adimen. LT0** Permette la visualizzazione del valore di snellezza adimensionale $\overline{\lambda}_{LT,0}$ degli elementi per flesso torsione calcolata come da paragrafo 6.3.2.2 delle UNI EN 1993-1-1, dove M_{cr} rappresenta il momento critico per instabilità flesso-torsionale
- Inviluppo S.L.U. Permette la visualizzazione dei valori di inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione degli elementi. Sui diagrammi visualizzati influiscono anche le opzioni definite nei criteri di progetto. Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni:
 - Sforzo Normale
 - Taglio 2
 - Taglio 3
 - Mom. torcente
 - Momento 2-2
 - Momento 3-3
- Isola non verificati Permette di realizzare il filtro e la visualizzazione degli elementi non verificati
- Sospendi Permette la sospensione dell'attività di controllo della progettazione





Controllo dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della progettazione, relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. <u>Premere il comando:</u>

Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione relativi al singolo elemento.

- 2. Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare Click con il mouse sull'elemento D2 che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame:
 - Stato di progetto e verifica Riporta per le varie tipologie di verifiche i relativi codici (Ok, Nv, non richiesta)
 - Ver. 6.2.6-6.2.7 per taglio-torsione Riporta il valore della verifica a taglio e torsione degli elementi, espressa come rapporto tra il taglio ultimo e quello di progetto V_{Ed}/V_{c,Rd} oppure T_{Ed}/T_{Rd} se questa dovesse risultare più restrittiva

In presenza di torsione la resistenza a taglio del profilo viene opportunamente ridotta come da formule 6.26 e 6.28. Vengono inoltre riportate: la combinazione di riferimento in cui è stata effettuata la verifica, i relativi valori di taglio (V2,V3), di torsione (T) e la verifica relativa alla stabilità dell'anima (formula 6.22)

- Ver. 6.2.9 per sforzo normale e momenti Riporta il valore della verifica a presso/tenso flessione degli elementi, la combinazione di riferimento ed i relativi valori di sollecitazione (N, M2 ed M3). Vengono inoltre riportati: la classe della sezione ed il fattore di riduzione per taglio V = 1-ρ (formula 6.45)
- Ver. 6.3.2 flessione (stabilità) Riporta il valore della verifica di stabilità a flessione, la combinazione di riferimento ed il relativo valore di momento flettente (M3). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera adottata (beta x L), il momento critico elastico di instabilità torsionale utilizzato nella formula 6.56, il valore della snellezza adimensionale $\overline{\lambda}$ (formula 6.52) ed il valore di χ (formula 6.56)
- Ver. 6.3.3 presso-flessione (stabilità) Riporta il valore di verifica di stabilità delle membrature presso-inflesse, la combinazione di riferimento ed i relativi valori di sollecitazione (N, M2, M3). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera di inflessione (beta x L), il valore della snellezza λ , il valore della snellezza adimensionale $\overline{\lambda}$ (6.49), il valore di χ (6.49), i fattori di interazione k_{ij} (6.61 e 6.62), il valore di χ_{LT} (6.56) ed i valori critici delle sollecitazioni (N, Ntor, Ntorflx, Mtor)
- Ver. 6.4 aste composte Riporta il valore di verifica di resistenza delle aste composte secondo quanto previsto dalla formula 6.71. Vengono inoltre riportati i valori di ΔNf (incremento dello sforzo normale, secondo termine della formula 6.69), ΔM22f (V_{Ed}·a/4, come da figura 6.11) e ΔV33f (V_{Ed}/2)
- Ver. 6.2.6-6.2.7 per taglio-torsione (sis) Riporta il valore della verifica a taglio e torsione degli elementi espressa come rapporto tra il taglio ultimo e quello di progetto V_{Ed}/V_{c,Rd} oppure T_{Ed}/T_{Rd} se questa dovesse risultare più restrittiva In presenza di torsione la resistenza a taglio del profilo viene opportunamente ridotta come da formule 6.26 e 6.28. Vengono inoltre riportate: la combinazione sismica di riferimento in cui è stata effettuata la verifica, i relativi valori di taglio (V2,V3) e di torsione (T). I valori di taglio delle colonne sono amplificati secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1
- Ver. 6.2.9 per sforzo normale e momenti (sis) Riporta il valore della verifica a presso/tenso flessione, la combinazione sismica di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni (N, M2, M3). I valori di sforzo normale e momenti delle colonne sono amplificati secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1. Vengono inoltre riportati: la classe della sezione ed il fattore V = 1-p (formula 6.45)
- Ver. 6.3.2 flessione (stabilità) (sis) Riporta il valore della verifica di stabilità a flessione, la combinazione sismica di riferimento ed il relativo valore di momento flettente (M3). Per strutture intelaiate il valore del momento delle colonne è amplificato secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera adottata (beta x L), il momento critico elastico di instabilità

torsionale utilizzato nella formula 6.56, il valore di **se** (formula 6.53) ed il valore di **ses** (formula 6.56)

• Ver. 6.3.3 presso-flessione (stabilità) (sis) Riporta il valore della verifica di stabilità delle membrature presso-inflesse, la combinazione sismica di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni (N, M2, M3). Per strutture intelaiate i valori dello sforzo normale e del momento delle

colonne sono amplificati secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1. Per strutture a controventi concentrici i valori di sforzo normale delle travi sono amplificati secondo la formula 6.6 delle UNI EN 1998-1 (il fattore omega non ha influenza sulle travi per strutture intelaiate). Vengono inoltre riportati: il valore della luce libera di inflessione (beta x L), il valore della snellezza λ , il valore della snellezza dimensionale λ (6.49), il valore di χ (6.49), i fattori di interazione k_{ij} (6.61 e 6.62), il

valore di χ_{LT} (6.56) ed i valori critici delle sollecitazioni (N, Ntor, Ntorflx, Mtor)

- Ver. 6.4 aste composte (sis) Riporta il valore di verifica di resistenza delle aste composte secondo quanto previsto dalla formula 6.71. Vengono inoltre riportati i valori di ∆Nf (incremento dello sforzo normale, secondo termine della formula 6.69), ∆M22f (V_{Ed}·a/4, come da figura 6.11) e ∆V33f (V_{Ed}/2). Le azioni sulle colonne saranno amplificate secondo le formule 6.6 delle UNI EN 1998-1
- **Ver. 6.6 EN1998 per telaio dissipativo** Riporta il valore delle verifiche 6.2, 6.3, 6.4 e 6.7 previste dal paragrafo 6.6.2 (travi) e 6.6.3 (colonne) delle UNI EN 1998-1, le combinazioni sismiche di riferimento ed i relativi valori delle sollecitazioni
- 3. Facendo clic con il mouse sui simboli + e è possibile espandere/comprimere il contenuto delle cartelle relative ai vari tipi di verifiche
- 4. Impiegando l'apposito cursore è possibile controllare i risultati in varie posizioni lungo l'asse dell'elemento



5. Premere il consueto tasto di chiusura della finestra

Progettazione con UNI ENV 1993-1-1:1994 (ex EC3)

Selezione della normativa

Per l'attivazione delle ENV (vecchio Eurocodice 3 del 1994) è sufficiente realizzare la selezione della normativa con i comandi riportati di seguito:

Preferenze ► Normative ► Acciaio ► ENV1993-1994

Normative in uso			×
Cemento armato	Acciaio	Legno	Muratura
© D.M. 2018	© D.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018
© D.M. 2008	C D.M. 2008	C D.M. 2008	C D.M. 2008
C EC 2	C EC 3	C EC 5	C D.M. 87
C D.M. 96	C CNR 10011	C REGLES C.B.71	C EC 6
	ENV 1993-1994		C D.M. 2005
	C AISC		
Avanzate	Avanzate	Avanzate	
Sismica		Resistenza al fuoco	
D.M. 2018	C D.M. 2005	Avanzate	
© D.M. 2008	🔿 Ordinanza 3274		
O EC 8	C D.M. 96		
Verifiche sismiche per edificio esistente	Avanzate		OK Annulla

Finestra impostazione per verifica acciaio

Utilizzando il comando Avanzate presente nella cornice Acciaio è possibile accedere alla finestra Impostazione per verifica acciaio:

All'interno della finestra è possibile personalizzare i coefficienti parziali di sicurezza. Per la progettazione secondo le UNI ENV 1993-1-1:1994 è necessario fare riferimento al paragrafo 5.1.1

L'opzione *Modella sezione simmetrica anche se non simmetrica* consente di effettuare le verifiche dei profili non doppiamente simmetrici lungo gli assi locali 2-2 e 3-3 anziché lungo gli assi principali d'inerzia.

All'interno della casella *Fattore riduttivo psivec* è possibile specificare il valore del fattore riduttivo ψ_{vec} delle componenti vettoriali favorevoli, come indicato nel paragrafo 2.3.3.1 delle UNI ENV 1993-1-1:1994.

Impostazione	e per verifica acciaio	×
Normativa di riferimento		
O UNI ENV	V 1993 O EC3-UNI EN 1993 O D.M. 14 01 2008 O D.M. 17 01 2018	3
1.05	Coeff. parziale sicurezza materiale gammaM0 (resistenza)	
1.05	Coeff. parziale sicurezza materiale gammaM1 (stabilità)	
1.2	Coeff. parziale sicurezza materiale gammaM2 (frattura)	
Modella e verifica sezione non simmetrica come simmetrica (Assegna Jxy=0)		
0.7	Fattore riduttivo psivec (ENV 2.3.3.1)	
1	Fattore ETA (UNI EN 1993-1-5 5.1 rif. taglio)	
Verifiche sismiche (gerarchia delle resistenze)		
1.1	Applica capitolo 7.5.4 (strutture intelaiate) [*]	
1.1	🗖 Applica capitolo 7.5.5 (strutture con controventi concentrici) [*]	
[*] Inserire il valore 1.1 x gam_ov x Omega relativo alla verifica di interesse;		
	OK Annulla	

Verifiche previste per gli elementi in acciaio

Gli elementi tipo asta sono sottoposti alle verifiche previste, dalle UNI ENV 1993, ai punti:

- 5.3 Classificazione
- 5.4.3 Trazione
- 5.4.4 Compressione
- 5.5.1 Membrature compresse
- 5.8.3 Angolari quali aste di parete in compressione
- 5.9.4 Membrature composte da elementi ravvicinati
- 5.9.5 Membrature in angolari calastrellati posti a croce

Gli elementi tipo trave sono sottoposti alle verifiche previste, dalle UNI ENV 1993, ai punti:

- 5.3 Classificazione
- 5.4.3 Trazione
- 5.4.4 Compressione
- 5.4.6 Taglio
- 5.4.9 Flessione, taglio e forza assiale
- 5.5.1 Membrature compresse
- 5.5.2 Instabilità flesso-torsionale delle travi
- 5.5.3 Flessione e trazione assiale
- 5.5.4 Flessione e compressione assiale
- 5.6.7 Resistenza alla instabilità per taglio (taglio, momento e forza assiale)
- 5.8.3 Angolari quali aste di parete in compressione
- 5.9.4 Membrature composte da elementi ravvicinati
- 5.9.5 Membrature in angolari calastrellati posti a croce

Gli elementi tipo colonna sono sottoposti alle verifiche previste, dalle UNI ENV 1993, ai punti:

- 5.2.5 Stabilità agli spostamenti laterali
- 5.2.6 Stabilità del telaio
- 5.3 Classificazione
- 5.4.3 Trazione
- 5.4.4 Compressione
- 5.4.6 Taglio
- 5.4.9 Flessione, taglio e forza assiale
- 5.5.1 Membrature compresse
- 5.5.2 Instabilità flesso-torsionale delle travi
- 5.5.3 Flessione e trazione assiale
- 5.5.4 Flessione e compressione assiale
- 5.6.7 Resistenza alla instabilità per taglio (taglio, momento e forza assiale)
- 5.8.3 Angolari quali aste di parete in compressione
- 5.9.4 Membrature composte da elementi ravvicinati
- 5.9.5 Membrature in angolari calastrellati posti a croce
Controllo dei risultati della progettazione

Il comando memette l'accesso al menu dei comandi di controllo:

Stato di progetto ► Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- 。 *colore giallo* elementi non progettati
- o colore blu elementi progettati e verificati
- colore rosso elementi progettati e non verificati; l'elemento non è verificato se almeno uno dei controlli riportati di seguito non è verificato
- □ *Sfruttamento* % Permette la visualizzazione mediante mappa dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle limite di progetto.
- □ SLU ►
 - **Verif. 5.4.6 Taglio** Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a Taglio degli elementi espressi mediante i valori di V/V_{pl,Rd}
 - Verif. 5.4.9 M-V-N Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a Flessione taglio e forza assiale degli elementi. La verifica tiene conto del fattore di riduzione per taglio ρ
 - Verif. 5.5 Flesso-Tors. Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità eseguite secondo i punti 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4 per travi e pilastri
- Stato progetto SLU

 Sfruttamento (%)

 S.L.U.
 Verif. 5.4.6. Taglio

 S.L.E.
 Verif. 5.4.9. M-V-N

 Snellezze
 Verif. 5.5. Flesso-Tors.

 Inviluppo S.L.U.
 Verif. 5.5. Stabilità

 Isola non verificati
 Verif. 5.6.7. Stabilità V-M-N

 Sospendi
 Verif. Vu mista
- Verif. 5.5 Flessione Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità eseguite secondo il punto 5.5.1 (per le aste), o eseguite secondo il punto 5.5.4 (per travi e pilastri).
- Verif. 5.6.7 stabilità M-V-N Permette la visualizzazione dei risultati delle verifiche di stabilità eseguite secondo il punto 5.6.7

□ SLE ►

• *Freccia* (1000/L) Permette la visualizzazione dei valori della freccia massima negli elementi strutturali espressi come rapporto: *freccia* = X / 1000 / L esprimibile anche come *freccia* = X • L / 1000 dove $X \doteq$ il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore, $L \doteq$ la luce dell'elemento considerato. Ad esempio, se per un determinato elemento, viene riportato in tabella il valore X = 5, significa che la freccia massima ha il seguente valore:

□ Snellezze ►

- *Luce libera 3-3 e 2-2* Permettono la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno agli assi locali
- *Luce svergol.* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza tra due ritegni torsionali successivi (che impediscono cioè la rotazione della sezione attorno all'asse longitudinale)
- **Snellezze 3-3** Permettono la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno agli assi locali 3-3
- Snellezze 2-2 Permettono la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno agli assi locali 2-2
- Snellezza adim. 3-3 Permettono la visualizzazione dei valori della snellezza adimensionale degli elementi per flessione attorno agli assi locali 3-3, calcolati come da paragrafo 5.5.1.2 delle UNI EN 1993-1-1:1994
- Snellezza adim. 2-2 Permettono la visualizzazione dei valori della snellezza adimensionale degli elementi per flessione attorno agli assi locali 2-2, calcolati come da paragrafo 5.5.1.2 delle UNI EN 1993-1-1:1994



- Inviluppo S.L.U. Permette la visualizzazione dei valori di inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione degli elementi. Sui diagrammi visualizzati influiscono anche le opzioni definite nei criteri di progetto. Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni:
 - Sforzo Normale
 - Taglio 2
 - Taglio 3
 - Mom. torcente
 - Momento 2-2
 - Momento 3-3
- □ Isola non verificati Permette di realizzare il filtro e la visualizzazione degli elementi non verificati
- Description Sospendi Permette la sospensione dell'attività di controllo della progettazione

Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento della struttura

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della progettazione, relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. Premere il comando:

Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione, relativi al singolo elemento.

Finestra di controllo generale		—	
📮 Stato di progetto e verifica			
- Stato D2 : OK (verifica)			
– Taglio :OK (verifica)		1.1	
- Resistenza :OK (verifica)			
- Flesso-torsione :OK (verifica)			
- Stabilità :OK (verifica)			
Stabilità per taglio:OK (non richiesta)			
🚊 Verifica 5.4.6. per taglio			
Verifica: 1.717e-02 in cmb: 26 (V2 ; V3) = 1379.50 27.67			
i⇔ Verifica 5.4.9. per M-V-N			
Classe: 2 fattore V (1-ro): 1.00			
👾 Verifica 5.5. per stabilità flesso-torsionale			
		K	
Valori 2-2 [z]: BetaM=1.95 Miu=0.40 k=0.98	1		
🖕 Verifica 5.5. per stabilità flessionale			1
	Comora	Cinerania	Conora
	esecutivi	report	report
		Topon	ropon
	Desisione		
Valori 2-2 [z]: BetaM=1.36 Miu=-0.96 k=1.10	Fosizione co	rrente = 0.0	
🖕 Verifica 5.6.7. per stabilità V			
Verifica: 0.0 in cmb: 0 (V2 ;VbaRd) = 0.0 0.0	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1
Valori 5.6.7.: N=0.0 M33=0.0 MRd=0.0			
📄 🖻 - Controllo 5.9.3. membrature composte			
Verifica: 0.0 (DNf=0.0 DM22f=0.0 DV33f=0.0)			

- 2. Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare Click con il mouse sull'elemento che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame:
 - *a.* **Stato di progetto e verifica** Riporta per le verifiche effettuate i codici relativi (Ok, Nv, non richiesta);
 - *b.* Verifica 5.4.6 per taglio Riporta il valore della verifica a taglio espressa come rapporto tra il taglio ultimo e quello di progetto.
 - *c.* **Verifica 5.4.9 per M-N-V** Riporta la classe della sezione, i risultati delle verifiche a pressoflessione e taglio (paragrafi 5.4.8 e 5.4.9, EC3) e il valore del fattore di riduzione per taglio (1-ρ).

Stato progetto SLU		
Sfruttamento (%)		
S.L.U.	•	
S.L.E.	•	
Snellezze	•	
Inviluppo S.L.U.	•	Sforzo Normale
lsola non verificati		Taglio 2
Sospendi		Taglio 3
		Mom. torcente
		Momento 2-2
		Momento 3-3

- d. Verifica 5.5 per stabilità flesso-torsionale (disponibile solo per elementi trave e pilastro con sezione a doppio T e rettangolare) Riporta i valori delle verifiche 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4. Vengono inoltre riportati:
 - i. i valori della lunghezza libera d'inflessione Beta x L;
 - ii. il valore del momento critico *Mcr* calcolato in base alla formula F2 dell'appendice F dell'EC3;
 - iii. il valore di λ_{LT} (LambdaS);
 - iv. il valore χ (Chi) del coefficiente di riduzione per l'instabilità;
 - v. il valore $\beta_{M,LT}$ (BetaM) del coefficiente di momento equivalente uniforme per l'instabilità flesso-torsionale;
 - vi. i valori dei coefficienti μ_{LT} (Miu) e k.
- e. Verifica 5.5 per stabilità flessionale (disponibile per elementi asta, trave e pilastro) riporta i valori delle verifiche di stabilita di cui ai paragrafi 5.5.1 per elementi asta, 5.5.4 per travi e pilastri.
- *f.* Verifica 5.6.7 per stabilità V (disponibile per elementi trave e pilastro, con sezione a doppio T simmetrica rispetto ai due assi e sezione a C) riporta i valori delle verifiche di stabilita di cui al paragrafo 5.6.7.
- 3. Impiegando l'apposito cursore è possibile controllare i risultati in varie posizioni lungo l'asse dell'elemento.
- 4. Facendo clic con il mouse sui simboli + e è possibile espandere/comprimere il contenuto delle cartelle relative ai vari tipi di verifiche.
- 5. Premere il consueto tasto di chiusura della finestra.

Progettazione con CNR 10011/88

Selezione della normativa

Per l'attivazione delle ENV (vecchio Eurocodice 3 del 1994) è sufficiente realizzare la selezione della normativa con i comandi riportati di seguito:

Preferenze ► Normative ► Acciaio ► CNR 10011

Normative in uso			×
Cemento armato	Acciaio	Legno	Muratura
© D.M. 2018	C D.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018
D.M. 2008	C D.M. 2008	C D.M. 2008	C D.M. 2008
C EC 2	C EC 3	C EC 5	© D.M. 87
© D.M. 96	CNR 10011	C REGLES C.B.71	C EC 6
	C ENV 1993-1994		C D.M. 2005
	C AISC		
Avanzate	Avanzate	Avanzate	
Sismica		Resistenza al fuoco	
C D.M. 2018	C D.M. 2005	Avanzate	
C D.M. 2008	🔿 Ordinanza 3274		
C EC 8	D.M. 96		
□ Verifiche sismiche per edificio esistente	Avanzate		OK Annulla

Verifiche previste sugli elementi in acciaio

La normativa prevede sia le verifiche con il metodo alle tensioni ammissibili che con il metodo agli stati limite. In entrambi i casi le verifiche da eseguire ed i capitoli della norma a cui fare riferimento sono i seguenti:

Gli elementi tipo asta sono sottoposti alle verifiche previste, dalle CNR-UNI 10011/88, ai punti: 6. Verifiche di resistenza delle membrature

- 6.2 Trazione
 - 6.3 Compressione
- 7. Verifiche di stabilità
- 7.2 Aste compresse

Gli elementi tipo trave sono sottoposti alle verifiche previste ai punti:

6. Verifiche di resistenza delle membrature

6.2 Trazione

- 6.3 Compressione
- 6.4 Taglio e torsione
- 6.5 Flessione
- 6.6 Pressoflessione
- 6.7 Stati pluriassiali
- 7. Verifiche di stabilità
 - 7.2 Aste compresse
 - 7.3 Travi inflesse a parete piena
 - 7.4 Aste pressoinflesse

Gli elementi tipo pilastro sono sottoposti alle verifiche previste ai punti:

6. Verifiche di resistenza delle membrature

- 6.2 Trazione
- 6.3 Compressione
- 6.4 Taglio e torsione
- 6.5 Flessione
- 6.6 Pressoflessione
- 6.7 Stati pluriassiali
- 7. Verifiche di stabilità
 - 7.2 Aste compresse
 - 7.3 Travi inflesse a parete piena
 - 7.4 Aste pressoinflesse
 - 7.5 Telai

Controllo dei risultati della progettazione alle tensioni ammissibili

Il comando permette l'accesso al menu dei comandi di controllo:

- □ **Stato di progetto** ► Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - o colore giallo elementi non progettati
 - o colore blu elementi progettati e verificati
 - colore rosso elementi progettati e non verificati; l'elemento non è verificato se almeno uno dei controlli riportati di seguito non è verificato
- □ **Sfruttamento** % Permette la visualizzazione mediante mappa dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni ideali massime (resistenza, stabilità, svergolamento) e quelle ammissibili
- Resistenza Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica di resistenza degli elementi, espressi mediante i valori di tensione ideale massima presente negli elementi
- Stabilità Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica di stabilità degli elementi, espressi mediante i valori di tensione massima presente negli elementi
- Svergolamento Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a svergolamento degli elementi espressi mediante i valori di tensione massima presente negli elementi
- □ Freccia (1000/L) Permette la visualizzazione dei valori della freccia massima negli elementi strutturali espressi come rapporto: freccia = X / 1000 / L esprimibile anche come freccia = X L / 1000 dove X è il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore, L è la luce dell'elemento considerato. Ad esempio, se per un determinato elemento, viene riportato in tabella il valore X = 5, significa che la freccia massima ha il seguente valore:

freccia = 5 • L / 1000 = L / 200



- □ Inviluppo ► Permette la visualizzazione dell'inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione degli elementi. Sui diagrammi visualizzati influiscono anche le opzioni definite nei criteri di progetto. Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni:
 - Sforzo Normale
 - Taglio 2
 - Taglio 3
 - Mom. torcente
 - o Momento 2-2
 - Momento 3-3
- □ Snellezze 3-3 e 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno agli assi locali
- □ Luce libera 3-3 e 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno agli assi locali
- □ *Luce svergol.* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza tra due ritegni torsionali successivi (che impediscono cioè la rotazione della sezione attorno all'asse longitudinale)
- □ Isola non verificati Permette di realizzare il filtro e la visualizzazione degli elementi non verificati
- Sospendi Permette la sospensione dell'attività di controllo della progettazione.

Controllo dei risultati della progettazione agli stati limite

Il comando merette l'accesso al menu dei comandi di controllo:

Stato di progetto SLU ► Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- o colore giallo elementi non progettati
- o colore blu elementi progettati e verificati
- colore rosso elementi progettati e non verificati; l'elemento non è verificato se almeno uno dei controlli riportati di seguito non è verificato



- *Resistenza* Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica di resistenza degli elementi, espressi mediante i valori di tensione ideale massima presente negli elementi
- Stabilità Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica di stabilità degli elementi, espressi mediante i valori di tensione massima presente negli elementi
- Svergolamento Permette la visualizzazione dei risultati ottenuti dalla verifica a svergolamento degli elementi espressi mediante i valori di tensione massima presente negli elementi
- Freccia (1000/L) Permette la visualizzazione dei valori della freccia massima
 negli elementi strutturali espressi come rapporto: freccia = X / 1000 / L esprimibile anche come freccia = X L / 1000 dove X è il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore, L è la luce dell'elemento considerato. Ad esempio, se per un determinato elemento, viene riportato in tabella il valore X = 5, significa che la freccia massima ha il seguente valore:

freccia = 5 • L / 1000 = L / 200

Sforzo Normale
 Taglio 2
 Taglio 3
 Mom. torcente
 Momento 2-2
 Momento 3-3

Inviluppo



- Inviluppo > Permette la visualizzazione dell'inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione degli elementi. Sui diagrammi visualizzati influiscono anche le opzioni definite nei criteri di progetto. Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni:
- Sforzo Normale
- Taglio 2-2
- Taglio 3-3
- Mom. torcente
- Momento 2-2
- Momento 3-3
- □ Snellezze 3-3 e 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno agli assi locali
- □ Luce libera 3-3 e 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno agli assi locali
- □ *Luce svergol.* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza tra due ritegni torsionali successivi (che impediscono cioè la rotazione della sezione attorno all'asse longitudinale)
- Verif. Mu mista Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto Sd/Su tra la massima sollecitazione flessionale di progetto (incrementata secondo la relazione

 $M = M_a \frac{J}{J_a}$ dove M_a è la sollecitazione flessionale agente sul solo profilo metallico, J_a è il momento

d'inerzia della sezione del solo profilo metallico e J è il momento d'inerzia della sezione omogeneizzata) e quella ultima della sezione mista; il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva (Sd = sollecitazione di progetto, Su = sollecitazione ultima)

- Verif. Vu mista Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto Sd/Su tra la massima sollecitazione tagliante di progetto (modificata in modo simile alla precedente) e quella ultima della sezione mista; il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva (Sd = sollecitazione di progetto, Su = sollecitazione ultima)
- □ Isola non verificati Permette di realizzare il filtro e la visualizzazione degli elementi non verificati
- **Sospendi** Permette la sospensione dell'attività di controllo della progettazione

Settaggio delle restituzioni grafiche dei risultati della progettazione

Nel contesto assegnazione dati di progetto è possibile attivare le opzioni che consentono di modificare la modalità di restituzione dei risultati della progettazione. Per l'attivazione delle opzioni è necessario utilizzare il comando **Opzioni** presente nella barra superiore all'interno del contesto *Assegnazione dati di progetto*.

Viene visualizzato il menu dei comandi di contesto che contiene le seguenti opzioni:

Opzioni restituzioni Permette di accedere alla finestra Scale per restituzioni progettazione per la definizione delle scale di visualizzazione dei risultati della progettazione e per l'attivazione delle modalità di visualizzazione solida e di rappresentazione numerica dei risultati.

All'interno della finestra *Scale per restituzioni progettazione* è possibile definire:

- Opzioni di Scala di rappresentazione dei risultati della progettazione;
- Opzioni di Scala di rappresentazione delle armature;
- Opzioni di Scala di rappresentazione della direzione delle armature e dei pannelli XLAM;
- Opzioni di Scala di rappresentazione dei simboli dei valori nodali;
- Opzione Mappa D2 solida che consente l'attivazione della mappa D2 con rappresentazione solida degli elementi;
- Opzione Scrivi valori per nodi e D2 che consente l'attivazione della rappresentazione numerica dei risultati, i cui valori sono relativi a nodi e ad elementi D2.
- Opzioni di Scala di rappresentazione dei diagrammi delle sollecitazioni;
- Opzioni di Modifica del colore di rappresentazione dei risultati della progettazione.



Opzioni

Opzioni restituzioni

Mappa di colore

Restituzioni D2

Scelta font per valori

Rotazione font (globale)

Rotazione font (nodale)

Mostra solo selezionati

Sforzo Normale Taglio 2 Taglio 3 Mom. torcente Momento 2-2 Momento 3-3

Inviluppo

- *Mostra solo selezionati* Permette la visualizzazione dei risultati (mappe, diagrammi ecc..) solamente degli oggetti selezionati.
- Mappa di colore Permette di modificare la visualizzazione delle mappe di colore, dal menu Mappe di colore si accede ai seguenti comandi:
 - **Con 9 fasce** Definisce 9 fasce di colore da utilizzare nelle visualizzazioni con mappa;
 - **Con 12 fasce** Definisce 12 fasce di colore da utilizzare nelle visualizzazioni con mappa;
 - **Con 15 fasce** Definisce 15 fasce di colore da utilizzare nelle visualizzazioni con mappa.
 - **Usa valori mediati** Permette di realizzare la mappa cromatica, mediando i valori della grandezza in corrispondenza
 - dei nodi. Tale operazione genera la mappa dei valori con maggiore gradualità cromatica.

N.B. I valori ottenuti in corrispondenza dei nodi in conseguenza dell'operazione di media, in alcuni casi possono discostarsi in modo sensibile dai valori iniziali.



- **Evidenzia elementi** Permette la generazione della mappa cromatica con la sovrapposizione della rappresentazione degli elementi. Tale opzione è attiva per elementi D2 e D3.
- Restituzioni D2 Permette di modificare la visualizzazione di alcune sollecitazioni sugli elementi D2, dal menu Restituzioni D2 è possibile selezionare una delle seguenti visualizzazioni:
 - Modalità solida
 - Modalità filo
 - Modalità diagramma
- Scelta font per valori Permette di modificare il font utilizzato per visualizzare i risultati con rappresentazione numerica
- Rotazione font (globale) Permette di realizzare la rotazione di tutti i valori numerici rappresentati
- Rotazione font (nodale) Permette di realizzare la rotazione dei valori numerici dei risultati, relativi ai nodi selezionati

Modifica della scala e del colore di un risultato

Per modificare le opzioni di visualizzazione di un risultato della progettazione è necessario eseguire i seguenti comandi:

- 6. Accedere alla tabella *Scale per restituzioni progettazione* cliccando all'interno del contesto *Assegnazione dati di progetto* il comando *Opzioni* ► *Opzioni sollecitazioni*
- 7. Fare Click con il mouse sulla tipologia di risultato che si desidera modificare
- 8. Modificare, agendo sul pulsante di scala, la scala di visualizzazione del risultato
- 9. Modificare, agendo sul comando colore, il colore di visualizzazione del risultato
- 10. Chiudere la finestra con X





Capitolo 11

Progettazione elementi strutturali in c.a.

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la definizione dei parametri di progetto e verifica degli elementi strutturali in c.a. e per la visualizzazione dei risultati della progettazione.

- Progettazione elementi strutturali in c.a.
- Azioni di calcolo
- Impostazioni per l'esecuzione delle verifiche
- Definizione dei criteri di progetto

Travi c.a. Pilastri c.a.

Pareti c.a.

Gusci c.a.

- Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali
- Esecuzione progettazione
 - Modifica → Importa armature
 - Modifica \rightarrow Reset stato di progetto
 - Modifica \rightarrow Importa schemi armatura
 - Contesto \rightarrow Esecuzione progettazione \rightarrow Tensioni ammissibili
 - Contesto \rightarrow Esecuzione progettazione \rightarrow Stati limite
 - Contesto \rightarrow Esecuzione progettazione \rightarrow Da schemi armatura
 - Contesto \rightarrow Esecuzione progettazione \rightarrow Verifica edificio esistente
 - Contesto \rightarrow Esecuzione progettazione \rightarrow Resistenza al fuoco
 - Contesto \rightarrow Check armature c.a.
- Controllo dei risultati per la progettazione agli Stati Limite
- Travi cls s.l.
- Pilastri cls s.l.
- D3 cls s.l.
- Tabella dei codici di errore
- Progettazione delle fondazioni
- Settaggio delle restituzioni della progettazione
- Verifiche di resistenza al fuoco
- Quadro normativo Definizione dei parametri di resistenza al fuoco della sezione per elementi D2 Definizione del criterio di progetto per elementi D3 Visualizzazione dell'esposizione assegnata agli elementi D3 Definizione dei parametri di resistenza al fuoco per elementi D3 Definizione delle combinazioni di carico Esecuzione della verifica di resistenza al fuoco e visualizzazione dei risultati
- Verifica degli schemi di armatura
- Utilizzo del comando Verifica armature
- Controllo dei risultati per la progettazione con le Tensioni Ammissibili
- Travi cls t.a.
- Pilastri cls t.a.
- D3 cls t.a.

Progettazione elementi strutturali in c.a.

La progettazione degli elementi strutturali in c.a. viene eseguita nel contesto di Assegnazione dati di progetto, a cui è possibile accedere solamente se sono state eseguite le analisi della struttura e se queste sono andate a buon fine.

La progettazione degli elementi strutturali in c.a., può essere effettuata con il metodo delle Tensioni Ammissibili o degli Stati Limite.

Il programma identifica in modo automatico gli elementi D2 tipo pilastro: sono gli elementi verticali e quelli con una inclinazione minore della tolleranza indicata in Preferenze ► Tolleranze nel constesto di Introduzione dati.

Il programma individua in modo automatico i gusci: se l'inclinazione rispetto alla verticale dell'elemento d3 è maggiore della tolleranza indicata in Preferenze > Tolleranze nel constesto di Introduzione dati, l'elemento è definito guscio.

La progettazione degli elementi **pilastro** viene eseguita a pressoflessione deviata per le tensioni normali ed a taglio-torsione per le tensioni tangenziali. Salvo diversa indicazione da parte dell'utente i fili fissi hanno effetto sulle azioni.

La progettazione degli elementi trave viene eseguita a pressoflessione retta (viene trascurato il momento 2-2). La progettazione delle staffe è legata alle sollecitazioni di taglio e torsione sugli elementi strutturali. Nel caso di progettazione secondo la gerarchia delle resistenze, il taglio di progetto è ottenuto in base alle indicazioni della normativa. Nelle travi di fondazione la verifica delle staffe secondo il meccanismo della flessione dell'ala è automatizzata. Salvo diversa indicazione da parte dell'utente i fili fissi hanno effetto sulle azioni.

La progettazione e la verifica delle armature per gli elementi lastra-piastra viene condotta in regime di sforzo normale eccentrico (N, M), considerando un numero adeguato di sezioni generate per rotazione attorno alla normale dell'elemento al nodo. Per ogni sezione i-esima sono definite le azioni Mi, Ni (circolo di Mohr) e le armature Afi,i e Afs,i (ottenute per proiezione dalle direzioni dell'armatura). Inviluppando il progetto dell'armatura per tutte le sezioni operando con proiezione inversa si può progettare la quantità di armatura inferiore e superiore. Verificando tutte le sezioni si ottiene il regime di tensione nel calcestruzzo e nell'acciaio. Operando in questo modo si evitano i problemi derivanti dai metodi semplificati (es. somme di momenti flettenti e torcenti) in quanto si verificano sezioni con azioni normali effettive.

Le sezioni generate sono quelle notevoli definite dalle seguenti normali:

- direzione armatura principale
- direzione armatura secondaria •
- direzioni 1 e 2 dell' elemento •
- direzioni principali di flessione
- direzioni principali di membrana
- altre direzione ad intervallo di 15 gradi a partire dalla prima.

Nel caso in cui la tensione tangenziale superi il limite previsto dalla normativa per gli elementi senza armatura a taglio (ad esempio Tauc0 per la progettazione con le tensioni ammissibili oppure v_{min} della formula 4.1.23 del D.M.2018 per progettazione agli stati limite) il programma avverte della necessità di inserire armatura a taglio con il messaggio "Attenzione sono presenti elementi D3 per cui è necessaria armatura a taglio". Questa armatura viene progettata con la formula 4.1.27 del D.M.2018 e viene contestualmente eseguita la verifica a taglio lato calcestruzzo con la formula 4.1.28 del D.M.2018.

Salvo diversa indicazione da parte dell'utente i fili fissi hanno effetto sulle azioni.

La progettazione delle pareti semplici è eseguita in accordo al §7.4.4.5 del D.M.2018.

Per elementi che hanno assegnato un criterio di progetto "parete sismica" o "parete estesa debolmente armata" è prevista una verifica globale della parete con traslazione dei diagrammi di sollecitazione che si articola nei seguenti passi:

- Controllo dimensionale Hw/Lw: se inferiore al limite impostato in Preferenze ► Normative ► cemento armato > avanzate l'elemento non verrà progettato come una parete
- Controllo dimensionale Lw/th: se inferiore al limite impostato in *Preferenze* ► *Normative* ► *cemento* armato > avanzate l'elemento verrà considerato una parete tozza, se superiore al limite verrà considerato una parete snella

- Per le pareti estese debolmente armate se il fattore di struttura q è maggiore di 2 lo sforzo normale è incrementato o decrementato di una quantità pari al 50% dei carichi gravitazionali nelle combinazioni sismiche (7.4.4.5.1 del D.M.2018)
- Il taglio è incrementato del fattore di amplificazione del taglio ottentuto con le formule 7.4.14 o 7.4.15 del D.M.2018 (il valore del fattore di amplificazione del taglio è comunque personalizzabile dall'utente tramite criterio di progetto)
- Per strutture miste è necessario utilizzare il diagramma di inviluppo di figura 7.4.5 del D.M.2018: è possibile indicare al programma di utilizzarlo tramite criterio di progetto, opzione *diagramma inviluppo taglio*.
- Il momento è incrementato secondo quanto previsto al §7.4.4.5.1 del D.M.2018, figura 7.4.4.
- Il calcolo delle altezze critiche per M e V è automatico. Comunque il progettista ha la possibilità di specificare un valore da adottare nei calcoli nei criteri di progetto.
- Le definizione dei parametri: percentuali min e max armatura, copriferri, interferri, armatura inclinata di base è nei criteri di progetto.
- Progetto/verifica a pressoflessione retta e compressione delle sezioni in corrispondenza dei nodi.
- Progetto/verifica a taglio: compressione, trazione, scorrimento; (per la CDA si assume Alfas < 2).
- Controllo dei minimi (esclusi diametri) per zona confinata e non confinata.
- Calcolo delle armature aggiuntive per ciascun nodo

Per pareti forate è necessario definire macro differenziate (un rettangolo a sinistra dell'apertura e uno a destra di ciascuna apertura) con il comando *modifica* ► *macrostrutture* ► *setta*.



Normative e comandi avanzati

Per accedere alla finestra che consente di selezionare la normativa bisogna usare il comando *Preferenze* ► *Normative*.

Normative in uso			×
Cemento armato	Acciaio	Legno	Muratura
D.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018
© D.M. 2008	O D.M. 2008	C D.M. 2008	© D.M. 2008
C EC2	C EC 3	C EC5	O D.M. 87
O D.M. 96	C CNR 10011	C REGLES C.B.71	C EC 6
	© ENV1993-1994		© D.M. 2005
	O AISC		
Avanzate	Avanzate	Avanzate	
Sismica		Resistenza al fuoco	
D.M. 2018	© D.M. 2005	Avanzate	
O D.M. 2008	🔿 Ordinanza 3274		
C EC 8	O D.M. 96		
☐ Verifiche sismiche per edificio esistente	Avanzate		OK Annulla

Per le verifiche degli edifici nuovi in cemento armato con il metodo semiprobabilistico agli stati limite è possibile fare riferimento alle seguenti normative:

- D.M. 17 gennaio 2018
- UNI EN 1992-1-1:2005 (Eurocodice 2 parte 1)
- D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare C.S.LL.PP. 617 del 2 febbraio 2009
- D.M. 16 gennaio 1996 e relativa circolare 65 del 10 aprile 1997

Per le verifiche di resistenza al fuoco di strutture in cemento armato è possibile fare riferimento alle seguenti normative:

• UNI EN 1992-1-2:2005 (Eurocodice 2 parte 2)

Per le verifiche degli edifici nuovi in cemento armato con il metodo delle tensioni ammissibili è possibile fare riferimento alle seguenti normative:

• D.M. 9 gennaio 1996

Per le verifiche degli edifici esistenti in cemento armato è possibile fare riferimento alle seguenti normative:

- D.M. 17 gennaio 2018
- D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare C.S.LL.PP. 617 del 2 febbraio 2009
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003

Il comando *Avanzate*, contenuto nella tabella delle normative in uso, nella cornice per il cemento armato, consente di accedere alla finestra *Impostazioni di calcolo avanzate*:

Impostazioni di calcolo avanzate	×
Impostazioni per il calcolo dello stato limite ultimo- diagramma tensioni deformazioni per acciaio: Proprietà dell'armatura tipo acciaio A B C elastico-perfettamente plastico finito (1% da DM96) illos 1.08 1.15 elastico-perfettamente plastico indefinito illos 2.5 5 7.5 bilineare finito con incrudimento imite elastico imite elastico Coefficiente effetti di lunga durata diagramma tensioni deformazioni per cls: Coefficiente effetti di lunga durata Alfacc 1 rettangolo rettangolo disattiva soft-ball (meno veloce) 1	Impostazioni per il calcolo delle fessure Controllo di apertura delle fessura attiva controllo usa resistenza caratteristica: per trazione per flessione in funzione della sollecitazione Durata dei carichi in combinazione breve durata per rare breve durata per frequenti breve durata per permanenti
mipostatoring na progettatoring gerarchia pilastri: metodo iterativo con velocità:	NTC - EC2 ✓ Usa metodo EC2 per NTC ✓ UNI EN-1992-1-1:1993 ✓ UNI EN-1992-1-1:2005 formula del passo: parametro k3

La finestra Impostazioni di calcolo avanzate prevede le seguenti opzioni:

Cornice Impostazioni per il calcolo dello stato limite ultimo

- *Diagramma tensioni deformazioni per acciaio*: consente di impostare il legame costitutivo previsto dal D.M. 96, oppure uno dei due legami previsti dal D.M.2018 (§4.1.2.1.2.2), oppure di considerare il diagramma solo fino al raggiungimento del limite elastico
- *Diagramma tensioni deformazioni per il cls*: consente di impostare uno dei tre legami costitutivi previsti dal D.M.2018 (par 4.1.2.1.2.1) oppure di considerare il diagramma solo fino al raggiungimento del limite elastico
- Proprietà dell'armatura: consente di specificare le caratteristiche dell'acciaio per le barre di armatura (§11.3.2 del D.M.2018) nella finestra criteri di progetto è possibile specificare il tipo di acciaio in uso (A, B o C), le tensioni di snervamento e i coefficienti di sicurezza
- Coefficiente effetti lunga durata: consente di assegnare il coefficiente riduttivo per la resistenza del calcestruzzo (§4.1.2.1.1.1 del D.M.2018 o §4.1.13 del D.M.2018)
- *Disattiva soft-ball*: se attiva il dominio di resistenza viene ricalcolato per ogni sezione di ogni elemento strutturale anche se l'armatura non cambia e non ci sono variazioni significative delle sollecitazioni di progetto rispetto alla sezione precedente. Attivando l'opzione le verifiche richiederanno più tempo

Cornice Impostazioni per la progettazione

- *Gerarchia pilastri* consente di impostare le opzioni per il calcolo delle sollecitazioni nei pilastri (par. 7.4.4.2.1) per garantire la gerarchia a flessione:
 - Metodo iterativo con velocità: consente di eseguire una progettazione iterativa, il programma aggiunge ferri nei pilastri fino al raggiungimento della sovraresistenza 1.1 o 1.3 a seconda della classe di duttilità. Questo metodo può risultare più lento perché consiste in un graduale incremento dell'armatura, il parametro "velocità" consente di modificare la velocità di incremento: assegnando 0 si ottimizza l'armatura, ma la progettazione è più lenta, assegnando 10 si ottimizza la velocità di progettazione, ma l'area di ferro ottenuta per i pilastri potrebbe risultare maggiore, assegnando un valore intermedio si avrà una progettazione intermedia. Valore consigliato: 1.
 - Senza iterazioni: consente di eseguire la progettazione incrementando le sollecitazioni secondo quanto previsto dalla circolare 617/2009 al §C7.2.1. Questa formulazione può portare ad una maggiore area di ferro nei pilastri
 - o Disattivata: non esegue la progettazione secondo la gerarchia delle resistenze
- Applica EC8 4.4.2.3 (5) momenti discordi: se l'opzione è attiva per la progettazione dei pilastri con la gerarchia delle resistenze, anziché fare riferimento alla figura 7.4.2 del D.M.2018 si fa riferimento al

§4.4.2.3(5) dell'Eurocodice 8. Il D.M.2018 prevede che, nel caso in cui i momenti nel pilastro al di sopra ed al di sotto del nodo siano tra loro discordi, nella progettazione secondo la gerarchia delle resistenze il momento resistente del pilastro venga sommato a quello delle travi. Questa ipotesi non è prevista dall'Eurocodice 8. Attivare l'opzione porta in genere ad una minore armatura nei pilastri

- Nodi
 - *Circolare 21 01 19:* in ottemperanza alla circolare applicativa omette le verifiche per i nodi confinati in CDB e per tutti i nodi delle strutture non dissipative
 - Limite 0.4% staffe confinamento: inserisce le staffe di confinamento nel nodo limitando però il rapporto massimo di Area del Ferro / Area del Calcestruzzo allo 0.4%.

Il limite dello 0.4% è suggerito dai commentari dell'Eurocodice (Designers' guide to Eurocode 8) che a loro volta si basano su dei lavori di Kitayama. Da prove sperimentali effettuate è stato riscontrato che al di sopra di questi valori di armatura avviene prima la rottura fragile del calcestruzzo rispetto a quella fragile dell'acciaio, pertanto non si ha nessun beneficio nell'inserire ulteriori staffe ai fini di aumentare il confinamento. <u>Trattandosi di una prescrizione NON prevista dalle NTC18 se ne sconsiglia l'utilizzo.</u>

 Limite q/qnd staffe di confinamento: consente di progettare passi più radi nel caso in cui le travi non siano completamente cimentate (verifica a pressoflessione VerN/M inferiore a 1). Nelle formule 7.4.10, 7.4.11 e 7.4.12 anziché fy delle armature longitudinali della trave, per la determinazione di fywd si utilizzerà:

$$fy_{rta} = fy * \left(\frac{q}{qND} * VerNM\right) \le fy$$

- *Progetta anche per SLE*: incrementa le armature di travi e pilastri per soddisfare anche le verifiche agli stati limite di esercizio oltre che quelle agli stati limite ultimi
- *Progetta anche per SLD ridotto*: esegue le verifiche di resistenza previste dal §7.3.6.1 del D.M. 2018 (opzione attualmente non disponibile)
- *Travi: progettazione ottimizzata per SLU:* consente di ottimizare la progettazione degli elementi trave riducendo la quantità di armatura utilizzata. L'attivazione di questo comando implica un aumento dei tempi di progettazione degli elementi
- *Travi TTRC: progettazione anche in campata*: consente di effettuare la progettazione anche in campata delle travi tralicciate TTRC. Di default l'opzione non è attivata perché solitamente l'armatura in campata viene fornita direttamente dal produttore in funzione della metodologia costruttiva e quindi i risultati possono discostarsi leggermente da quelli del programma

Cornice limiti per pareti

- *Hw/Lw min*: consente di impostare il valore minimo del rapporto tra l'altezza e la larghezza della parete per distinguere tra pareti tozze e snelle (il D.M.2018 al §7.4.4.5 definisce snelle le pareti con un rapporto tra altezza e larghezza superiore a 2)
- *Lw/spess. min*: consente di impostare il valore minimo del rapporto tra la larghezza e lo spessore per stabilire se considerare un elemento una parete o meno (il D.M.2018 al §7.4.4.5 definisce pareti quegli elementi con un rapporto tra larghezza e spessore superiore a 4)

Cornice Impostazioni per il calcolo dell'apertura delle fessure

- Attiva controllo: se attivo vengono eseguite le verifiche sull'apertura delle fessure. Nel caso il controllo non sia attivo il programma considera sempre il calcestruzzo fessurato
- Usa resistenza caratteristica: consente di specificare la resistenza caratteristica del calcestruzzo superata la quale si ha la formazione delle fessure
- Durata dei carichi in combinazione: consente di specificare la durata del carico per determinare il cefficiente kt (§C4.1.2.2.4.6 circolare 617/2009)
- Formula del passo: consente di specificare i coefficienti k3 e k4 (§C4.1.2.2.4.6 circolare 617/2009)
- Coefficiente di omog. per fase 1: consente di indicare il coefficiente di omogeneizzazione per la fase fessurata
- Acciaio ad aderenza migliorata: consente di specificare se l'acciaio è ad aderenza migliorata
- Usa metodo EC2 per DM 2008: per le verifiche secondo il D.M. 2008 consente di specificare la normativa con cui calcolare le fessure. Se l'opzione è attiva il calcolo è eseguito secondo l'Eurocodice 2 altrimenti secondo il D.M.96

Definizione dei criteri di progetto - D.M.2018

È possibile definire i criteri di progetto sia nel contesto di *Introduzione dati* che in quello di *Assegnazione dati* di progetto. Il comando da utilizzare è *Dati struttura* ► *Criteri di progetto* in *Introduzione dati* oppure *Dati di progetto* ► *Criteri di progetto* in *Assegnazione dati di progetto*.

La *Tabella dei criteri di progetto* contiene più cartelle, necessarie all'inserimento dei dati di progetto relativi ai seguenti elementi strutturali in c.a.:

- Travi c.a.
- Pilastri c.a.
- Pareti c.a.
- Gusci c.a.

È possibile definire più di un criterio di progetto scorrendo con l'apposito contatore.

Occorre definire due o più criteri di progetto diversi quando si desidera progettare la stessa tipologia di elemento con regole o parametri diversi (per esempio nel caso si desiderasse progettare due travi usando diametri di armatura longitudinale diversi è necessario usare due criteri di progetto diversi).

Per elementi diversi è possibile utilizzare lo stesso criterio di progetto (per esempio se è necessario progettare sia pilastri che travi in c.a. è possibile usare lo stesso criterio di progetto per entrambe le tipologie di elemento).



Una volta creato il criterio di progetto è necessario premere *Applica* per confermare le modifiche. Se non si preme il pulsante *Applica* le modifiche non verranno recepite.

Travi c.a.

Per le travi in cemento armato sono disponibili le seguenti opzioni:

Generalità

- *Progetta a filo*: esegue la progettazione dell'armatura longitudinale considerando come sezioni iniziale e finale di progetto quelle a filo degli elementi pilastro. Le sollecitazioni e di conseguenza le aree di armatura non variano all'interno della sezione del pilastro. L'opzione non ha effetto nel caso di elementi molto corti
- Af inf: da traliccio: dispone all'estremità delle travi un'armatura in grado di assorbire, allo stato limite ultimo, uno sforzo di trazione uguale al taglio (§4.1.2.3.5.1 D.M.2018). L'opzone dovrebbe sempre essere attiva
- Af inf: da q*L*L/: dispone in campata un'armatura inferiore pari almeno a quella necessaria per assorbire un momento pari a qxLxL/n, dove q è il carico distribuito applicato sulla trave ed n è il numero inserito nella casella di testo (ad es. 8, 12 ecc...). Se si indica 0 l'armatura viene disposta in base alle sollecitazioni di progetto ottenute dall'analisi della struttura
- Solo dettagli capitolo 4 NTC: progetta la trave tenendo conto solamente delle prescrizioni del capitolo 4 del D.M. 2018 ed ignorando quelle del capitolo 7. In genere va utilizzata per elementi secondari o per strutture dotate di isolatori sismici
- *Progettazione non dissipativa*: progetta la trave considerandolo un elemento non dissipativo. L'opzione va utilizzata solo per il progetto di strutture non dissipative o per il progetto di singoli elementi di strutture dissipative che si vogliono considerare non dissipativi
- No gerarchia V: se attiva le verifiche a taglio non sono eseguite considerando la gerarchia delle resistenze. Il taglio sollecitante sarà quello ottenuto dall'analisi della struttura e non quello calcolato sulla base dei momenti resistenti
- *Luce di taglio per GR*: consente di considerare o meno la gerarchia delle resistenze. Sono disponibili tre possibilità:
 - Zero: la gerarchia delle resistenze non è attiva
 - Uno: la gerarchia delle resistenze è attiva
 - Valori diversi: la gerarchia delle resistenze è attiva ed il taglio da gerarchia viene calcolato considerando il valore inserito come luce di calcolo (per esempio inserendo il valore 300 si considera che la luce della trave ai fini del calcolo del taglio da gerarchia sia 300 cm)
- *Traliccio MTR*: consente di indicare il tipo di trave tralicciata nel caso si siano utilizzate travi miste acciaio-calcestruzzo realizzate con tecnologia MTR

Armatura

- *Minima tesa*: percentuale minima di armatura longitudinale, nella zona tesa (+), riferita all'area totale della sezione di conglomerato
- *Minima compressa*: percentuale minima di armature longitudinali in zona compressa riferita all'area della sezione in c.a.
- Massima tesa: percentuale massima di armatura longitudinale, nella zona tesa (+), riferita all'area totale della sezione di conglomerato. Nel caso di progettazione di una struttura dissipativa viene utilizzata la formula 7.4.26 del D.M.2018 aggiungendo la percentuale di armatura compressa al limite massimo. L'armatura compressa non viene aggiunta nei seguenti casi: progettazione di

strutture non dissipative, progettazione secondo i dettagli costruttivi del capitolo 4, non sono state definite combinazioni con il sisma. In questi casi il limite è esattamente il valore inserito

- Da sezione: dispone l'area di armatura equivalente alla minima impostata nell'archivio delle sezioni all'interno della cartella Armatura longitudinale. L'area minima sarà pari al numero di ferri definiti nella tabella delle sezioni per il diametro minimo definito nel criterio di progetto
- Usa armatura teorica: dispone l'armatura ignorando i diametri specificati nei criteri di progetto in base ai minimi ed alle sollecitazioni di progetto. Attenzione: se si attiva questa opzione il valore dell'area del ferro disposta non sarà arrotondato in funzione dei diametri in uso quindi se l'opzione è attiva è possibile che ci siano delle differenze tra l'armatura che si legge in *PRO_SAP* e quella riportata negli esecutivi
- *Tolleranza verifica rapporti*: quando si usa il comando *check armature c.a.* per eseguire le verifiche in base agli esecutivi omette le verifiche sui rapporti di armatura inferiore e superiore a cavallo della zona critica della trave per una lunghezza pari al valore inserito * area del diametro minimo dei ferri longitudinali
- Diametro per correnti reggistaffa SUP.: consente di assegnare il diametro per i ferri longitudinali reggistaffa superiori
- *Diametro per aggiuntivi/spezzoni SUP*.: consente di assegnare il diametro per i ferri aggiuntivi superiori. È possibile indicare fino a 4 diversi diametri
- Diametro per armatura di parete: consente di assegnare il diametro per i ferri longitudinali di parete
- Diametro per correnti reggistaffa INF.: consente di assegnare il diametro per i ferri longitudinali reggistaffa inferiori
- *Diametro per aggiuntivi/spezzoni INF*.: consente di assegnare il diametro per i ferri aggiuntivi inferiori. È possibile indicare fino a 4 diversi diametri

Stati limite ultimi

- Tensione fy: tensione caratteristica/media di snervamento dell'acciaio dei ferri longitudinali
- Tensione fy staffe: tensione caratteristica/media di snervamento dell'acciaio delle staffe
- *Tipo acciaio*: consente di specificare il tipo di acciaio da utilizzare nel progetto e nelle verifiche tra quelli impostati in *Preferenze* ► *Normative* ► *cemento armato* ► *avanzate*
- Coefficiente gamma s: coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
- Coefficiente gamma c: coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
- *Verifiche con N costante*: se attivo esegue le verifiche a pressoflessione secondo la formula 4.1.18a del D.M.2018, altrimenti le verifiche vengono eseguite con il metodo proporzionale
- *Fattore di ridistribuzione*: fattore per la ridistribuzione del momento flettente nell'analisi elastica lineare (§4.1.1.1 del D.M. 2018)

Staffe

- *Diametro staffe*: consente di assegnare il diametro delle staffe. Se si lascia 0 viene utilizzato il diametro specifcato nell'archivio delle sezioni nella cartella *Armatura trasversale*
- Passo minimo: minimo passo delle staffe, qualora il passo ottenuto dalla progettazione sia minore del valore inserito l'elemento viene considerato non verificato. Attenzione: non si tratta del passo delle staffe che il programma utilizzerà nella progettazione, è semplicemente il passo più piccolo che si riesce a realizzare in cantiere
- Passo massimo: massimo passo delle staffe. Attenzione: non si tratta del passo delle staffe che il programma utilizzerà nella progettazione, è semplicemente il valore del passo più grande che si può adottare. Si suggerisce di impostare 30 cm perché il D.M. al §4.1.6.1.1 impone di inserire almeno tre staffe per metro
- Passo raffittito: passo delle staffe in zona critica. Attenzione: questo valore del passo verrà adottato solo se più piccolo rispetto al minimo richiesto da normativa
- Lunghezza zona raffittita: lunghezza della zona critica. Attenzione: questo valore verrà adottato solo se più grande rispetto al minimo richiesto da normativa. Se si imposta il valore pari a zero il programma considererà automaticamente la lunghezza minima da normativa
- *Ctg(Teta) max*: valore massimo della cotangente di theta utilizzata nelle verifiche a taglio. Nel caso le verifiche non fossero soddisfatte il programma cala automaticamente la cotangente di theta per cercare di farle tornare, fino al minimo di 1 previsto dalla norma. Nel caso ci sia una importante sollecitazione di torsione viene assunta automaticamente cot(theta) = 1 perché la norma prescrive di usare lo stesso valore della cotangente di theta per il taglio e per la torsione. Nel caso si usino i ferri sagomati automaticamente la cotangente di theta viene posta pari ad 1
- *Passi forzati*: attivando questa opzione il passo delle staffe viene scelto dall'elenco dei *Passi armatura orizzontale*. Se l'opzione non è attiva viene usato il passo teorico. **Attenzione: se non si attiva questa opzione il valore del passo delle staffe non sarà arrotondato**

- Passi armatura orizzontale: consente di visualizzare e modificare l'elenco dei passi delle staffe che il programma può adottare in fase di progettazione.
- Percentuali sagomati: percentuale dello sforzo di scorrimento da assegnare ai ferri sagomati. Il valore è espresso in percentuale. Per esempio per assegnare il 20% dello sforzo di scorrimento ai sagomati, inserire il valore 20
- *Torsione non essenziale inclusa*: se attiva forza il programma ad armare la trave per torsione anche . quando la torsione non è essenziale per l'equilibrio ai nodi (derivante dall'iperstaticità della struttura)

Tabella dei criteri di progetto				
Pilastri acc. Travi acc. Pareti c.a. Gusci c.a. Travi	Muratura c.a. Pilastri c.a.	Legno Solai e pannelli	XLAM Aste acc.	
📃 Generalità				
Progetta a filo				
✓ Af inf: da traliccio				
Af inf: da q*L*L /	0.0			
Solo dettagli capitolo 4 NTC				
Progettazione non dissipativa				
No gerarchia V				
Luce di taglio per GR	1.0 [cm]			
traliccio MTR	Imposta			
🖃 Armatura				
Minima tesa	0.311			
Minima compressa	0.311			
Massima tesa	0.778	0.778		
✓ Da sezione				
Usa armatura teorica				
Tolleranza verifica rapporti	0.0			
Diametro per correnti reggistaffa S	UP. 16			
Diametro per aggiuntivi/spezzoni S	UP. elenca			
Diametro per armatura di parete	16	16		
Diametro per correnti reggistaffa IN	JF. 16	16		
Diametro per aggiuntivi/spezzoni l	NF. elenca	elenca		
🖃 Stati limite ultimi			_	
Criterio di progetto NTC2018				
Copia	Applica Annu	lla Esci	1 .	

Se una trave viene modellata con più di un elemento d2 per considerare correttamente il taglio da gerarchia è necessario definire un criterio di progetto dove in luce di taglio per GR viene assegnata la luce di taglio in cm dell'intera trave. Il criterio di progetto va assegnato a tutti gli elementi d2 che compongono la trave.



Nel caso sulla trave ci fosse una sollecitazione di torsione importante il programma aggiunge automaticamente l'armatura per la torsione in fase di generazione dell'esecutivo. La richiesta di armatura per la torsione viene coperta dai ferri di parete.

Una campata viene di norma suddivisa in tre tratti: iniziale - intermedio - finale. Nei tratti estremi le staffe vengono raffittite. Se l'elemento d2 ha una lunghezza minore di 2*Lraff allora il programma non va a raffittire le staffe ipotizzando che l'elemento in questione sia un elemento secondario (per esempio un cordolo)



Se si vuole progettare l'armatura trasversale solamente in base alle sollecitazioni di taglio e torsione trascurando i vincoli geometrici e di normativa, è sufficiente assegnare il passo minimo delle staffe uguale al passo massimo e al passo raffittito. In questo modo verrà utilizzato il passo imposto dall'utente.

Nel caso il passo scelto non fosse sufficiente per far tornare le verifiche a taglio e torsione il programma automaticamente andrà a determinare il passo necessario in base alle sollecitazioni senza considerare le prescrizioni della norma. Ad esempio per avere staffe a passo 15 cm lungo tutta la trave bisogna assegnare min.=max.=raff.=15.

Pilastri c.a.

Per i pilastri in cemento armato sono disponibili le seguenti opzioni:

Generalità

- *Progetto armatura*: consente di scegliere il criterio con cui progettare le armature. Sono disponibili le seguenti opzioni:
 - Disponi come da sezione: progetta il pilastro considerando l'armatura indicata dall'utente nell'archivio delle sezioni. Se necessario, il programma modificherà il diametro tra quelli indicati dall'utente mantenendo fissa la posizione dei ferri
 - *Privilegia spigoli*: progetta il pilastro privilegiando l'incremento del diametro dei ferri di vertice rispetto all'incremento di diametro e numero dei ferri di lato
 - *Privilegia lati*: progetta il pilastro privilegiando l'incremento del numero ed eventualmente anche del diametro dei ferri di lato rispetto al diametro dei ferri di vertice
 - Privilegia spigoli ottimizza M2/M3: progetta il pilastro privilegiando l'incremento del diametro dei ferri di vertice rispetto a quello dei ferri di lato. Se fosse necessario incrementare anche i ferri sui lati viene incrementato il numero di ferri solo sul lato del pilastro in cui si ha il momento prevalente. È possibile definire qual è il momento prevalente impostando il rapporto di ottimizzazione M22/M33 in Preferenze ► Normative ► cemento armato ► avanzate
 - *Privilegia lati ottimizza M2/M3*: progetta il pilastro privilegiando l'incremento del numero di ferri solo sul lato del pilastro in cui si ha il momento prevalente. È possibile definire qual è il momento prevalente impostando il rapporto di ottimizzazione M22/M33 in Preferenze ► *Normative* ► *cemento armato* ► *avanzate*
 - Privilegia spig. (con Lato 1 per M3-3): progetta il pilastro privilegiando l'incremento del diametro dei ferri di vertice e successivamente il numero ed il diametro dei ferri di lato 1 per flessione attorno all'asse locale 3-3 del pilastro
 - Privilegia spig. (con Lato 2 per M2-2): progetta il pilastro privilegiando l'incremento del diametro dei ferri di vertice e successivamente il numero ed il diametro dei ferri di lato 2 per flessione attorno all'asse locale 2-2 del pilastro
 - Privilegia lato 1 per M3-3: progetta il pilastro privilegiando l'incremento del numero e successivamente del diametro dei ferri di lato 1 per flessione attorno all'asse locale 3-3 locale
 - *Privilegia lato 2 per M2-2*: progetta il pilastro privilegiando l'incremento del numero e successivamente del diametro dei ferri di lato 2 per flessione attorno all'asse locale 2-2
- *Progetta a filo*: esegue la progettazione dell'armatura longitudinale considerando come sezioni iniziale e finale di progetto quelle a filo degli elementi trave. Le sollecitazioni e di conseguenza le aree di armatura non variano all'interno della sezione della trave. L'opzione non ha effetto nel caso di elementi molto corti
- Effetti del 2 ordine: progetta i pilastri considerando gli effetti del secondo ordine nelle sollecitazioni di progetto. Attenzione: gli effetti del secondo ordine sono considerati solo se nel contesto di Visualizzazione risultati è stata eseguita l'analisi p-delta (per l'analisi p-delta si veda il capitolo 9 del manuale di PRO_SAP)
- Solo dettagli capitolo 4 NTC: progetta il pilastro tenendo conto solamente delle prescrizioni del capitolo 4 del D.M. 2018 ed ignorando quelle del capitolo 7. In genere va utilizzata per elementi secondari o per strutture dotate di isolatori sismici
- *Progettazione non dissipativa*: progetta il pilastro considerandolo un elemento non dissipativo. L'opzione va utilizzata solo per il progetto di strutture non dissipative o per il progetto di singoli elementi di strutture dissipative che si vogliono considerare non dissipativi
- No gerarchia M: se attiva le verifiche a pressoflessione non sono eseguite considerando la gerarchia delle resistenze. Il momento sollecitante sarà quello ottenuto dall'analisi della struttura e non quello calcolato sulla base dei momenti resistenti delle travi collegate al pilastro
- *No gerarchia V*: se attiva le verifiche a taglio non sono eseguite considerando la gerarchia delle resistenze. Il taglio sollecitante sarà quello ottenuto dall'analisi della struttura e non quello calcolato sulla base dei momenti resistenti
- *Luce di taglio per GR*: consente di considerare o meno la gerarchia delle resistenze. Sono disponibili tre possibilità:

- Zero: la gerarchia delle resistenze non è attiva
- Uno: la gerarchia delle resistenze è attiva
- Valori diversi: la gerarchia delle resistenze è attiva ed il taglio da gerarchia viene calcolato considerando il valore inserito come luce di calcolo (per esempio inserendo il valore 300 si considera che la luce della trave ai fini del calcolo del taglio da gerarchia sia 300 cm)
- Beta per 2-2: moltiplicatore della lunghezza dell'elemento d2 necessario per ottenere la lunghezza libera di inflessione del pilastro per flessione attorno all'asse locale 2-2 del pilastro (si veda figura sottostante)
- *Beta per 3-3*: moltiplicatore della lunghezza dell'elemento d2 necessario per ottenere la lunghezza libera di inflessione del pilastro per flessione attorno all'asse locale 3-3 del pilastro (si veda figura sottostante)



Armatura

- *Minima tesa*: percentuale geometrica minima di armatura del pilastro (§7.4.6.2.2 del D.M.2018)
- Massima tesa: percentuale geometrica massima di armatura del pilastro (§7.4.6.2.2 del D.M.2018)
- Diametro vertici: elenco dei diametri da utilizzare nella progettazione per i ferri di vertice
- Diametro lati: elenco dei diametri da utilizzare nella progettazione per i ferri di lato

Stati limite ultimi

- Tensione fy: tensione caratteristica/media di snervamento dell'acciaio dei ferri longitudinali
- Tensione fy staffe: tensione caratteristica/media di snervamento dell'acciaio delle staffe
- Tipo acciaio: consente di specificare il tipo di acciaio da utilizzare nel progetto e nelle verifiche tra quelli impostati in Preferenze ► Normative ► cemento armato ► avanzate
- Coefficiente gamma s: coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
- Coefficiente gamma c: coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
- *Verifiche con N costante*: se attivo esegue le verifiche a pressoflessione secondo la formula 4.1.18a del D.M.2018, altrimenti le verifiche vengono eseguite con il metodo proporzionale

Staffe

- *Diametro staffe*: consente di assegnare il diametro delle staffe. Se si lascia 0 viene utilizzato il diametro specifcato nell'archivio delle sezioni nella cartella *Armatura trasversale*
- *Diametro staffe nodo*: consente di assegnare il diametro delle staffe nel nodo trave-pilastro. Se si lascia 0 viene utilizzato il diametro specifcato nell'archivio delle sezioni nella cartella *Armatura trasversale*
- Passo minimo: minimo passo delle staffe, qualora il passo ottenuto dalla progettazione sia minore del valore inserito l'elemento viene considerato non verificato. Attenzione: non si tratta del passo delle staffe che il programma utilizzerà nella progettazione, è semplicemente il passo più piccolo che si riesce a realizzare in cantiere
- Passo massimo: massimo passo delle staffe. Attenzione: non si tratta del passo delle staffe che il programma utilizzerà nella progettazione, è semplicemente il valore del passo più grande che si può adottare
- Passo raffittito: passo delle staffe in zona critica. Attenzione: questo valore del passo verrà adottato solo se più piccolo rispetto al minimo richiesto da normativa
- Lunghezza zona raffittita: lunghezza della zona critica. Attenzione: questo valore verrà adottato solo se più grande rispetto al minimo richiesto da normativa. Se si imposta il valore pari a zero il programma considererà automaticamente la lunghezza minima da normativa
- Ctg(Teta) max: valore massimo della cotangente di theta utilizzata nelle verifiche a taglio. Nel caso le verifiche non fossero soddisfatte il programma cala automaticamente la cotangente di theta per cercare di farle tornare, fino al minimo di 1 previsto dalla norma
- *Passi forzati*: attivando questa opzione il passo delle staffe viene scelto dall'elenco dei *Passi armatura orizzontale*. Se l'opzione non è attiva viene usato il passo teorico. **Attenzione: se non si attiva questa opzione il valore del passo delle staffe non sarà arrotondato**
- *Passi armatura orizzontale*: consente di visualizzare e modificare l'elenco dei passi delle staffe che il programma può adottare in fase di progettazione

 Massimizza gerarchia: se attiva il taglio derivante dalla gerarchia delle resistenze viene calcolato con il massimo momento resistente del pilastro. L'opzione è utile in considerazione del fatto che in fase esecutiva si estenderà la massima armatura tra quella superiore e quella inferiore a tutta l'altezza del pilastro. Se l'opzione è attiva, per determinare il taglio da gerarchia, anziché la formula V_{Ed}=γ_{Rd} 1/L_p* (M_{C,Rd,s} + M_{C,Rd,I}) viene usata la formula V_{Ed}=γ_{Rd} 1/L_p* 2 * max (M_{C,Rd,s}; M_{C,Rd,I}).

Punzonamento

- *Base pilastro: posizione*: consente di specificare il tipo di pilastro tra interno, di lato o d'angolo per la determinazione del perimetro critico alla base del pilastro. È anche possibile impostare che il programma determini automaticamente il tipo di pilastro oppure che il pilastro non punzona.
- Incremento per flessione beta: consente di specificare il fattore beta definito al §6.4.3 dell'Eurocodice 2 alla base del pilastro. Se si lascia zero il programma lo assume automaticamente in base alla figura 6.21N dell'Eurocodice 2.
- *Disposizione cuciture*: consente di specificare la disposizione delle armature specifiche per punzonamento alla base del pilastro a scelta tra radiale o cruciforme
- Sommità pilastro: posizione: consente di specificare il tipo di pilastro tra interno, di lato o d'angolo per la determinazione del perimetro critico in testa al pilastro. È anche possibile impostare che il programma determini automaticamente il tipo di pilastro oppure che il pilastro non punzona.
- *Incremento per flessione beta*: consente di specificare il fattore beta definito al §6.4.3 dell'Eurocodice 2 in testa al pilastro. Se si lascia zero il programma lo assume automaticamente in base alla figura 6.21N dell'Eurocodice 2.
- Disposizione cuciture: consente di specificare la disposizione delle armature specifiche per punzonamento in testa al pilastro a scelta tra radiale o cruciforme

Pilastri acc. Travi acc.	Muratura Legno XLAM
Generalità	Filasti C.a. Solal e parifielli Aste acc
Progetto armatura	Privilogia lati
Progetta a filo	
Effetti del 2 ordine	
Solo dettagli capitolo 4 NTC	
Progettazione non dissipativa	
No gerarchia M	
No gerarchia V	
Luce di taglio per GR	1.0 [cm]
Beta per 2-2	1.0
Beta per 3-3	1.0
Armatura	
Minima tesa	1.0
Massima tesa	4.0
Diametri vertici	elenca
Diametri lati	elenca
Stati limite ultimi	
Tensione fy	4500.0 [daN/cm2]
Tensione fy staffe	4500.0 [daN/cm2]
Tipo acciaio	tipo C
Coefficiente gamma s	1.15
Coefficiente damma c	15
erio di progetto NTC2018	

Se un pilastro viene modellato con più di un elemento d2 per considerare correttamente il taglio da gerarchia è necessario definire un criterio di progetto dove in *luce di taglio per GR* viene assegnata la luce di taglio in cm dell'intero pilastro (in pratica lp della formula 7.4.5 del

D.M.2018). Il criterio di progetto va assegnato a tutti gli elementi d2 che compongono il pilastro.

inflessione ed una snellezza altrettanto piccole ed inferiori alla snellezza limite.



Nel caso la snellezza del pilastro risultasse maggiore della snellezza critica (formula 4.1.41 del D.M.2018) alle sollecitazioni di progetto viene aggiunto un momento del secondo ordine determinato automaticamente dal programma con il metodo della colonna modello. La snellezza del pilasto viene calcolata in base ai coefficienti beta indicati nel criterio di progetto. Qualora l'utente desiderasse evitare di considerare questo contributo può impostare un beta molto piccolo in modo da avere una lunghezza libera di

Pareti c.a.

Il criterio di progetto Pareti c.a. si utilizza sia per le pareti che per i setti. Il D.M.2018 definisce la 불물 parete come un elemento strutturale di supporto per altri elementi che abbia una sezione trasversale rettangolare e caratterizzata da un rapporto tra dimensione massima e dimensione minima in pianta maggiore di quattro. Le pareti si dividono in duttili ed estese debolmente armate. Spetta al progettista indicare al programma se intende progettare una parete o meno ed il tipo di parete che intende progettare (duttile o estesa) utilizzando l'opzione Progetto armatura del criterio di progetto Pareti c.a. Il programma opera comunque un controllo in base alla definizione della norma: se l'utente indica di progettare come parete un elemento che non ha un rapporto tra dimensione massima e dimensione minima in pianta maggiore di quattro il programma non lo progetterà come parete. Tuttavia è possibile forzare il programma in Preferenze ► Normative ► cemento armato ► avanzate ► limiti per pareti. Di default sono impostati i valori proposti dal D.M.2018, se l'utente lo ritiene opportuno li può modificare per forzare il programma a progettare come pareti anche elementi che non hanno i requisiti da normativa.



Nel caso l'utente decida di progettare una parete le verifiche sono quelle previste dal §7.4.4.5.1 del D.M.2018. La progettazione viene eseguita sulla base delle azioni macro ottenute dall'analisi della struttura opportunamente corrette come indicato al §7.4.4.5.1 del D.M.2018. Per le pareti sono eseguite anche verifiche locali, basate sulle tensioni nei nodi della mesh determinate durante l'analisi della struttura. Nel caso l'utente decida di progettare un setto la progettazione è solamente locale, in base alle tensioni presenti nei nodi della mesh. A seconda del criterio di progetto scelto dall'utente per i setti, se la norma lo prevede, in fase di progetto le tensioni possono essere incrementate.



La tabella dei criteri di progetto Pareti c.a. si modifica automaticamente in base a quello che l'utente imposta alla voce Progetto armatura per mostrare solamente le opzioni pertinenti per la progettazione del tipo di elemento strutturale che il progettista ha scelto.

Per i setti o le pareti in cemento armato sono disponibili le seguenti opzioni:

Generalità

- Progetto armatura: consente di specificare il tipo di elemento strutturale da progettare. Sono • disponibili le seguenti opzioni:
 - o Singolo elemento: da utilizzare per il progetto di setti (elementi che non hanno i requisiti da normativa per essere considerati pareti)
 - Singolo elemento fondazione: da utilizzare per il progetto di elementi di fondazione modellati con elementi d3 verticali (per esempio le nervature di una platea di fondazione). Le sollecitazioni sono amplificate per gammaRd come previsto al §7.2.5 del D.M.2018
 - Singolo elemento non dissipativo: da utilizzare per il progetto di setti a comportamento non 0 dissipativo (per esempio nel caso di fondazioni scatolari). In accordo con la norma le sollecitazioni di progetto sono amplificate per q/qND dove q è il fattore di comportamento e qND è il fattore di comportamento per le strutture non dissipative.
 - o Parete sismica: da utilizzare per il progetto di pareti duttili, cioè gli elementi strutturali che hanno le caratteristiche descritte al §7.4.4.5 del D.M.2018. Il criterio è utilizzabile sia per pareti snelle che per pareti tozze.
 - Parete estesa debolmente armata: da utilizzare per il progetto di pareti estese debolmente armate, sia gettate in opera che realizzate con tecnologie a blocchi-cassero a perdere.

Armatura

- Inclinazione Av: solo per i setti. Consente di specificare l'angolo di inclinazione tra l'armatura principale e l'orizzontale. Per avere l'armatura parallela all'asse Z (verticale) impostare 90 gradi.
- Inclinazione Av-Ao: solo per i setti. Consente di specificare l'angolo tra l'armatura in direzione principale e quella in direzione secondaria

- *Minima tesa*: percentuale minima di armatura longitudinale sulle due facce della parete (*Af+Af*) riferita all'area della sezione di conglomerato ottenuta dal prodotto *spess. x 100.* **Per le pareti sismiche** indica l'area fuori dalla zona critica
- *Massima tesa*: percentuale massima di armatura longitudinale sulle due facce della parete (*Af+Af*) riferita all'area della sezione di conglomerato ottenuta dal prodotto *spess. x 100.* **Per le pareti sismiche** indica l'area fuori dalla zona critica
- *Maglia unica centrale*: **solo per i setti**. Anziché disporre due maglie di armatura sui due lati dell'elemento, dispone un'unica maglia nel baricentro.
- Unico strato verticale: solo per pareti estese debolmente armate. Anziché disporre l'armatura verticale sui sui due lati dell'elemento, dispone l'armatura verticale solo nel baricentro
- Unico strato orizzontale: solo per pareti estese debolmente armate. Anziché disporre l'armatura orizzontale sui sui due lati dell'elemento, dispone l'armatura verticale solo nel baricentro
- Copriferro: distanza tra il filo esterno dell'armatura e la superficie esterna del conglomerato. L'altezza utile è d = spessore (copriferro + dmedio)
- *Maglia V*: consente di specificare diametro e passo dell'armatura verticale o principale. **Per le pareti** sisimiche indica l'armatura verticale fuori dalla zona critica
- *Maglia O*: consente di specificare diametro e passo dell'armatura orizzontale o secondaria. **Per le pareti sisimiche** indica l'armatura orizzontale fuori dalla zona critica

Pareti

Parametri necessari solo per il progetto di pareti duttili, sia snelle che tozze, o estese debolmente armate

- *Fattore amplificazione taglio V*: incremento del taglio dell'analisi da considerare in fase di progetto della parete (si veda §7.4.4.5.1 del D.M.2018). Se si lascia zero viene determinato automaticamente dal programma
- *H crit*: altezza critica della parete, espressa in cm. Se si lascia zero viene determinata automaticamente dal programma in base al §7.4.4.5.1 del D.M.2018
- Diagramma inviluppo taglio: calcola il taglio come indicato nella figura 7.4.5 del D.M.2018
- *Progetta Av per formula 7.4.17*: se attiva l'armatura verticale della parete viene progettata per soddisfare la richiesta della formula 7.4.17 del D.M.2018
- Vincolo lati: solo per pareti estese debolmente armate. Consente di specificare i vincoli della parete per il calcolo della snellezza
- *Verifica come fascia*: **solo per pareti estese debolmente armate**. Se l'opzione è attiva l'elemento viene progettato come trave di collegamento
- *Diametri longitudinali*: consente di specificare i diametri da utilizzare per l'armatura all'inteno delle zone critiche della parete
- Diametro di estremità: solo per pareti estese debolmente armate. Consente di specificare il diametro degli eventuali ferri da inserire alle estremità della parete per garantire i dettagli costruttivi richiesti dalla norma
- Zona confinata: solo per pareti duttili. Consente di indicare massimi e minimi di armatura all'interno della zona critica e la minima distanza tra due barre espressa in cm oppure in numero di diametri
- Armatura inclinata: consente di specificare area, angolo con l'orizzontale e distanza di base dell'armatura inclinata (si veda immagine seguente). Se si lascia l'area delle barre pari a zero non viene inserita armatura inclinata. Solo per pareti duttili tozze: se si lascia zero l'armatura inclinata è progettata automaticamente in modo che resista a metà del taglio di progetto come previsto da normativa (si veda §7.4.4.5.1 del D.M.2018)



• *Passi armatura orizzontale*: elenco dei passi da adottare in fase di progetto per l'armatura orizzontale della parete

Stati limite ultimi

- *Tensione fy*: tensione caratteristica/media di snervamento dell'acciaio
- *Tipo acciaio*: consente di specificare il tipo di acciaio da utilizzare nel progetto e nelle verifiche tra quelli impostati in *Preferenze* ► *Normative* ► *cemento armato* ► *avanzate*
- Coefficiente gamma s: coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
- Coefficiente gamma c: coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
- *Verifiche con N costante*: se attivo esegue le verifiche a pressoflessione secondo la formula 4.1.18a del D.M.2018, altrimenti le verifiche vengono eseguite con il metodo proporzionale

Resistenza al fuoco

Parametri necessari solo per le verifiche di resistenza al fuoco

- 3- intradosso: se attivo indica che il lato 3-, con riferimento all'asse locale 3 degli elementi shell (quello blu), è esposto all'incendio
- 3+ *intradosso*: se attivo indica che il lato 3+, con riferimento all'asse locale 3 degli elementi shell (quello blu), è esposto all'incendio
- Tempo di esposizione R: tempo di esposizione all'incendio, espresso in minuti

Pilastri acc. Travi acc.	Muratura	Legno	XLAM	
Pareti c.a. Gusci c.a. Travi c.a.	Pilastri c.a.	Solai e pannelli	Aste acc.	
Generalità				
Progetto armatura	Parete sismic	са		
Armatura				
Minima tesa	0.25			
Massima tesa	4.0			
Copriferro	2.0 [cm]			
🖃 Maglia V				
diametro	10			
passo	25			
diametro aggiuntivi	12	12		
🗏 Maglia O				
diametro	8			
passo	25			
diametro aggiuntivi	8			
Pareti				
Fattore amplificazione taglio V	1.5			
Hcrit. par. 7.4.4.5.1	0.0 [cm]	0.0 [cm]		
Diagramma inviluppo taglio				
Progetta Av per formula [7.4.17]				
Diametri longitudinali	elenca			
🗏 Zona confinata				
Minima tesa	10			
erio di progetto NTC2018				

Gusci c.a.

Per i gusci in cemento armato sono disponibili le seguenti opzioni:

Generalità

• *Progettazione non dissipativa*: consente di progettare un elemento non dissipativo *Armatura*

- *Inclinazione Ax*: consente di specificare l'angolo di inclinazione tra l'armatura principale e l'asse globale X. Per avere l'armatura parallela all'asse X impostare 0 gradi
- Inclinazione Ax-Ay: consente di specificare l'angolo tra l'armatura in direzione principale e quella in direzione secondaria
- *Minima tesa*: percentuale minima di armatura longitudinale su ogni singola faccia del guscio (*Af+Af*) riferita all'area della sezione di conglomerato ottenuta dal prodotto *spess. x 100*
- *Massima tesa*: percentuale massima di armatura longitudinale su ogni singola faccia del guscio (*Af+Af'*) riferita all'area della sezione di conglomerato ottenuta dal prodotto *spess. x 100*
- *Maglia unica centrale*: anziché disporre due maglie di armatura sui due lati dell'elemento, dispone un'unica maglia nel baricentro
- *Copriferro*: distanza tra il filo esterno dell'armatura e la superficie esterna del conglomerato. L'altezza utile è d = spessore (copriferro + dmedio)
- Maglia X: consente di specificare diametro e passo dell'armatura principale o in direzione X
- *Maglia Y*: consente di specificare diametro e passo dell'armatura secondaria o in direzione Y *Stati limite ultimi*
 - Tensione fy: tensione caratteristica/media di snervamento dell'acciaio
 - *Tipo acciaio*: consente di specificare il tipo di acciaio da utilizzare nel progetto e nelle verifiche tra quelli impostati in *Preferenze* ► *Normative* ► *cemento armato* ► *avanzate*
 - Coefficiente gamma s: coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
 - Coefficiente gamma c: coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
 - *Verifiche con N costante*: se attivo esegue le verifiche a pressoflessione secondo la formula 4.1.18a del D.M.2018, altrimenti le verifiche vengono eseguite con il metodo proporzionale
 - Applica SLU da DIN: se l'opzione è attiva il momento di progetto viene calcolato sommando cautelativamente il momento flettente ed il momento torcente agenti nelle varie direzioni

Resistenza al fuoco

Parametri necessari solo per le verifiche di resistenza al fuoco

- 3- intradosso: se attivo indica che il lato 3-, con riferimento all'asse locale 3 degli elementi shell (quello blu), è esposto all'incendio. Dato che l'asse 3 è sempre parallelo a Z si tratta del lato inferiore del guscio
- 3+ intradosso: se attivo indica che il lato 3+, con riferimento all'asse locale 3 degli elementi shell (quello blu), è esposto all'incendio. Dato che l'asse 3 è sempre parallelo a Z si tratta del lato superiore del guscio
- Tempo di esposizione R: tempo di esposizione all'incendio, espresso in minuti

Pilastri acc.	Travi acc.	Muratura Legno XLAM		
Pareti c.a.	Gusci c.a. Travi c.a.	Pilastri c.a. Solai e pannelli Aste acc.		
Generalità				
Progetta	zione non dissipativa			
Armatura				
Inclinazione	Чx	0.0 [gradi]		
Angolo Ax-A	y	90.0 [gradi]		
Minima tesa		0.2		
Massima tes	a	0.778		
Maglia u	nica centrale			
Copriferro		2.0 [cm]		
😑 Maglia x	:			
diametro		16		
passo		15		
diametro aggiuntivi		12		
😑 Maglia y	1			
diametro		16		
passo		15		
diametro	aggiuntivi	12		
Stati limite	ultimi			
Tensione fy		4500.0 [daN/cm2]		
Tipo acciaio		tipo C		
Coefficiente	gamma s	1.15		
Coefficiente	namma c	15		

Definizione dei criteri di progetto – D.M. 2008

I criteri di progetto secondo il D.M. 2008 sono identici a quelli secondo il D.M.2018. Per questa ragione, per brevità si omette la descrizione dei criteri di progetto secondo questa norma.

Definizione dei criteri di progetto – D.M. 96

I criteri di progetto secondo il D.M. 1996 sono in gran parte analoghi a a quelli secondo il D.M.2018. Per questa ragione, per brevità, viene riportata solamente la descrizione dei parametri non previsti per il D.M2018 e non descritti in precedenza.

Travi c.a.

Generalità

- *Resistenza cls da materiale*: se l'opzione è attiva il programma determina automaticamente il valore della tensione ammissibile del calcestruzzo in base alle caratteristiche assegnate nell'archivio dei materiali. Se l'opzione non è arriva viene usato il valore assegnato dall'utente nei criteri di progetto
- Applica circolare 65/97: se attiva il programma progetta le travi in modo da rispettare i dettagli costruttivi previsti dalla circolare 65/97
- Dettagli come da ord.3274: solo se in Preferenze ► Normative ► sismica è attiva l'opzione O.P.C.M. 3274. Se attiva il programma progetta le travi in modo da rispettare i dettagli costruttivi previsti dalle O.P.C.M. 3274

Stati limite ultimi

• Af slu: trasla per V: se attiva progetta l'armautra longitudinale per assorbire uno sforzo di scorrimento pari al taglio

Tensioni ammissibili

- *Tensione amm. cls*: tensione ammissibile del calcestruzzo. **Viene utilizzata solo se l'opzione** *Resistenza cls da materiale* non è attiva
- Tensione amm. acciaio: tensione ammissibile dell'acciaio
- Rapporto omogeinizzazione: coefficiente di omogeinizzazione delle armature
- *Massimo rapporto area compressa/tesa*: rapporto massimo tra l'area dell'armatura in zona compressa e l'area dell'armatura in zona tesa

Staffe

• Adotta scorrimento medio: se attiva dimensiona l'armatura per taglio utilizzando il valore medio del taglio presente nel tratto di staffatura. Se non è attiva viene utilizzato il valore massimo della sollecitazione di taglio presente nel tratto di staffatura

Pilastri c.a.

Generalità

- *Resistenza cls da materiale*: se l'opzione è attiva il programma determina automaticamente il valore della tensione ammissibile del calcestruzzo in base alle caratteristiche assegnate nell'archivio dei materiali. Se l'opzione non è arriva viene usato il valore assegnato dall'utente nei criteri di progetto
- Applica circolare 65/97: se attiva il programma progetta i pilastri in modo da rispettare i dettagli costruttivi previsti dalla circolare 65/97
- Dettagli come da ord.3274: solo se in Preferenze ► Normative ► sismica è attiva l'opzione O.P.C.M. 3274. Se attiva il programma progetta i pilastri in modo da rispettare i dettagli costruttivi previsti dalle O.P.C.M. 3274
- Pressoflessione retta: se attiva esegue la progettazione del pilastro a pressoflessione retta (considerando separatamente M2-2 ed M3-3) anziché a pressoflessione deviata Tensioni ammissibili
 - *Tensione amm. cls*: tensione ammissibile del calcestruzzo. **Viene utilizzata solo se l'opzione** *Resistenza cls da materiale* non è attiva
 - Tensione amm. acciaio: tensione ammissibile dell'acciaio
 - Rapporto omogeinizzazione: coefficiente di omogeinizzazione delle armature

Pareti c.a.



II D.M.96 non prevede verifiche specifiche per pareti in c.a. Per questo motivo si consiglia di impostare alla voce Progetto armatura dei criteri di progetto Singolo elemento. Se nella progettazione viene considerata l'azione sismica si consiglia di impostare massimi e minimi di armatura come suggerito al §4.2 della circolare 65/97

Generalità

- Resistenza cls da materiale: se l'opzione è attiva il programma determina automaticamente il valore • della tensione ammissibile del calcestruzzo in base alle caratteristiche assegnate nell'archivio dei materiali. Se l'opzione non è arriva viene usato il valore assegnato dall'utente nei criteri di progetto
- Applica circolare 65/97: se attiva il programma progetta i setti in modo da rispettare i dettagli costruttivi previsti dalla circolare 65/97
- Dettagli come da ord.3274: solo se in Preferenze ► Normative ► sismica è attiva l'opzione O.P.C.M. 3274. Se attiva il programma progetta i setti in modo da rispettare i dettagli costruttivi previsti dalle O.P.C.M. 3274

Tensioni ammissibili

- Tensione amm. cls: tensione ammissibile del calcestruzzo. Viene utilizzata solo se l'opzione Resistenza cls da materiale non è attiva
- Tensione amm. acciaio: tensione ammissibile dell'acciaio
- Rapporto omogeinizzazione: coefficiente di omogeinizzazione delle armature

Gusci c.a.

Generalità

- Resistenza cls da materiale: se l'opzione è attiva il programma determina automaticamente il valore della tensione ammissibile del calcestruzzo in base alle caratteristiche assegnate nell'archivio dei materiali. Se l'opzione non è arriva viene usato il valore assegnato dall'utente nei criteri di progetto
- Applica circolare 65/97: se attiva il programma progetta i gusci in modo da rispettare i dettagli • costruttivi previsti dalla circolare 65/97
- Dettagli come da ord.3274: solo se in Preferenze ► Normative ► sismica è attiva l'opzione O.P.C.M. 3274. Se attiva il programma progetta i gusci in modo da rispettare i dettagli costruttivi previsti dalle O.P.C.M. 3274

Tensioni ammissibili

- Tensione amm. cls: tensione ammissibile del calcestruzzo. Viene utilizzata solo se l'opzione • Resistenza cls da materiale non è attiva
- Tensione amm. acciaio: tensione ammissibile dell'acciaio
- Rapporto omogeinizzazione: coefficiente di omogeinizzazione delle armature
- Massimo rapporto area compressa/tesa: rapporto massimo tra l'area dell'armatura in zona • compressa e l'area dell'armatura in zona tesa

Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali

Per assegnare ad uno o più elementi un criterio di progetto è necessario operare nel seguente modo:

- 1. Selezionare gli elementi a cui si desidera assegnare il criterio di progetto
- 2. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare il menu a puntatore ed usare il comando Setta Riferimento
- 3. Nella Tabella delle proprietà selezionare il criterio di progetto che si desidera assegnare agli elementi selezionati
- 4. Cliccare con il tasto destro del mouse in un punto qualsiasi della finestra grafica di PRO_SAP per visualizzare il menu a puntatore ed usare il comando Assegna Criterio

🗄 Generalită	
Elemento tipo	Trave
Sezione	[1] Rettangolare: b=30.00 h =30.00
Rotatione	0.0 [gradi]
Materiale	[1] Calcestruzzo Classe C25/30
Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto N/TC2018
Condizioni embiertali	Ordinarie X0
Filo fisso - pianta	elemento in asse
Filo fisso - sezione	elemento in asse
Layer	[1] Layer 0
Usa tratti rigidi	25.12.00
Pretensione	0.0 [daN/cm2]
Travi TTRC	
Usa tecnologia TTRC.	
Interazione terreno	
Fondazione (faccia inferiore)	
K ferr, vert.	0.0 [daN/cm3]
Kitericiona,	0.0 [daN/cm3]

Azioni di calcolo

Il programma effettua le verifiche in tutte le combinazioni di carico previste nella tabella delle combinazioni. Per ciascun elemento strutturale e per ciascuna verifica viene memorizzata la combinazione più sfavorevole, quella cioè che dà il maggiore coefficiente di verifica.

Esecuzione delle verifiche e della progettazione

Il programma può determinare automaticamente le armature da inserire negli elementi strutturali in base alle sollecitazioni ed in accordo con la normativa scelta. Tuttavia consente anche all'utente di assegnare un'armatura e di eseguire solamente le verifiche.

Se si vogliono cancellare i risultati della progettazione o delle verifiche già eseguite è possibile utilizzare il comando Modifica ► Reset stato di progetto

Progettazione automatica delle armature

Per la progettazione automatica degli elementi strutturali è necessario:

- 1. Definire le combinazioni (se non sono state definite le combinazioni di carico, i comandi non sono attivi) 2. Definire i criteri di progetto
- 3. Assegnare il criterio di progetto agli elementi strutturali
- 4. Selezionare gli elementi che si desiderano progettare
- 5. Usare il comando Contesto > Esecuzione progettazione > Stati limite oppure Tensioni ammissibili a seconda del metodo di verifica scelto e delle combinazioni di calcolo definite. In alternativa è possibile cliccare con il tasto destro in un punto qualsiasi della finestra grafica di PRO SAP per far comparire il menù a puntatore ed usare il comando Esecuzione progettazione > Stati limite oppure Tensioni ammissibili

Verifica delle armature definite dall'utente

Per la eseguire le verifiche di un'armatura definita dall'utente è necessario:

- 1. Definire le combinazioni (se non sono state definite le combinazioni di carico, i comandi non sono attivi)
- 2. Definire i criteri di progetto
- 3. Assegnare il criterio di progetto agli elementi strutturali
- 4. Definire le armature con uno dei metodi previsti dal programma (si veda parte seguente)
- 5. Selezionare gli elementi che si desiderano progettare
- 6. Usare il comando Contesto ► Esecuzione progettazione ► Verifica schemi



Il comando Verifica schemi esegue solamente le verifiche tensionali delle armature longitudinali e trasversali. Non vengono eseguiti controlli geometrici (percentuali minime e massime di armatura, passi minimi e massimi delle staffe ecc...) perché si ipotizza che il progettista abbia già verificato che l'armatura che intende assegnare rispetti le richieste della norma o che il progettista giudichi di non essere tenuto a rispettarle.

Nel caso si voglia che PRO SAP generi automaticamente gli esecutivi si consiglia di compilare ed assegnare comunque i criteri di progetto, in particolare i diametri delle armature per le travi. Questi parametri non verranno presi in considerazione nella verifica schemi, ma verranno utilizzati solamente per la generazione degli esecutivi.

Assegnazione degli schemi di armatura

Il primo metodo per assegnare le armature agli elementi strutturali è utilizzare gli schemi di armatura. Gli schemi di armatura sono una proprietà degli elementi d2.

L'assegnazione delle armature agli elementi strutturali si fa nel contesto di Assegnazione dati di progetto; è necessario utilizzare il comando Edita proprietà e cliccare su una trave o su un pilastro.

Ogni elemento d2, sia le travi che i pilastri, sono suddivisi in tre tratti: iniziale, medio e finale.

Se l'armatura è costante su tutto l'elemento d2 è sufficiente compilare solo il tratto medio lasciando le lunghezze dei tratti pari a zero. In questo modo il programma estende automaticamente l'armatura del tratto medio a tutto l'elemento d2.

Se si assegnano la lunghezza del tratto centrale e quella del tratto finale diverse da zero non è necessario assegnare anche al lunghezza del tratto medio, la calcola il programma per differenza.

Gli schemi di armatura sono una proprietà dell'elemento d2 come tutte le altre. Per questo motivo non è necessario definire gli schemi di armatura per tutti gli elementi strutturali: se due o più pilastri o due o più travi hanno la stessa armatura è sufficiente assegnare gli schemi di armatura ad uno qualsiasi degli elementi ed assegnare la proprietà agli altri elementi. La procedura è la seguente:

- 1. Usare il comando Edita proprietà e cliccare sull'elemento strutturale di interesse
- 2. Compilare gli schemi di armatura
- 3. Una volta compilati gli schemi per l'elemento selezionato usare Setta Riferimento per memorizzare le proprietà
- 4. Selezionare gli elementi D2 a cui si vogliono assegnare gli schemi di armatura compilati e memorizzati. È possibile usare uno qualsiasi dei comandi di selezione di interesse. La selezione deve essere omogenea (solo elementi D2, non nodi o altre tipologie di elementi)
- 5. Cliccare con il tasto destro del mouse in un punto qualsiasi della finestra grafica e selezionare Assegna Schema Armatura dal menù a puntatore che compare

Schemi di armatura dei pilastri

Gli schemi di armatura degli elementi pilastro contengono i seguenti parametri:

Armatura pilastro

In questo campo va indicata l'armatura longitudinale. Per ogni tratto del pilastro è richiesto di specificare:

- Lunghezza del tratto
- Diametro dei ferri di vertice
- Diametro dei ferri di lato
- Numero totale di ferri distribuiti lungo il lato 1 (somma del lato 1+ e lato 1-)
- Numero totale di ferri distribuiti lungo il lato 2 (somma del lato 2+ e lato 2-)



Il programma ipotizza che il pilastro sia armato sempre simmetricamente, di conseguenza il numero dei ferri di lato deve essere sempre un numero pari, essendo la

somma dei ferri sul lato 1+ ed 1- oppure sul lato 2+ e 2- del pilastro. Nel caso sia necessario armare il pilastro diversamente si consiglia di usare il modulo PRO_VLIM per eseguire le verifiche.

Staffatura

In questo campo vanno indicate le staffe. Per ogni tratto del pilastro è richiesto di specificare:

- Lunghezza del tratto di staffatura
- Diametro delle staffe
- Passo delle staffe

Schemi di armatura delle travi

Gli schemi di armatura degli elementi trave contengono i seguenti parametri:

Armatura superiore

In questo campo va indicata l'armatura longitudinale all'estradosso della trave. Per ogni tratto della trave è richiesto di specificare:

• Lunghezza del tratto

• Area del ferro espressa in cm²

Armatura inferiore

In questo campo va indicata l'armatura longitudinale all'intradosso della trave. Per ogni tratto della trave è richiesto di specificare:

- Lunghezza del tratto
- Area del ferro espressa in cm^2

Staffatura

In questo campo vanno indicate le staffe. Per ogni tratto della trave è richiesto di specificare:

• Lunghezza del tratto di staffatura

	matura nilactro		
	Research Plastro		
	Base	500 f 1	
	Lungnezza	50.0 [cm]	
	Diametro Vertici	10	
	Diametro lati	10	
	n. ferri lato 1	2	
	n. ferri lato 2	2	
=	Iratto intermedio		
	Lunghezza	0.0 [cm]	
	Diametro vertici	10	
	Diametro lati	16	
	n. terri lato 1	0	
	n. ferri lato 2	0	
=	Cima		
	Lunghezza	50.0 [cm]	
	Diametro vertici	16	
	Diametro lati	16	
	n. ferri lato 1	2	
	n. ferri lato 2	2	
Staffatura			
-	Base		
	Lunghezza	50.0 [cm]	
	Diametro	8	
	Passo	10.0 [cm]	
-	Tratto intermedio		
	Lunghezza	0.0 [cm]	
	Diametro	8	
	Passo	30.0 [cm]	
-	Cima		
	Lunghezza	70.0 [cm]	
	Diametro	8	
	D	10.0 [

-	Schema armatura					
	-	Armatura superiore				
		-	Tratto iniziale			
			Lunghezza	80.0 [cm]		
			Armatura	12.0 [cm2]		
		-	Tratto centrale			
			Lunghezza	0.0 [cm]		
			Armatura	6.0 [cm2]		
		-	Tratto finale			
			Lunghezza	80.0 [cm]		
			Armatura	12.0 [cm2]		
	-	Ar	matura inferiore			
		-	Tratto iniziale			
			Lunghezza	80.0 [cm]		
			Armatura	4.0 [cm2]		
		-	Tratto centrale			
			Lunghezza	0.0 [cm]		
			Armatura	12.0 [cm2]		
		-	Tratto finale			
			Lunghezza	80.0 [cm]		
			Armatura	4.0 [cm2]		
	-	St	affatura			
		-	Tratto iniziale			
			Lunghezza	50.0 [cm]		
			Diametro	8		
			Passo	15.0 [cm]		
		-	Tratto centrale			
			Lunghezza	0.0 [cm]		
			Diametro	8		
			Passo	30.0 [cm]		
		=	Tratto finale			
			Lunghezza	50.0 [cm]		
			Diametro	8		
			Passo	15.0 [cm]		

- Diametro delle staffe
- Passo delle staffe
- > Per le armature a taglio, suddivise in 3 tratti di staffatura, iniziale, medio e finale:
 - Lunghezza del tratto;
 - Diametro delle staffe;
 - Passo delle staffe;

Lettura degli schemi di armatura da file di testo

PRO_SAP può leggere gli schemi di armatura da un file formato *.*sch*. Il file .sch è un semplice file di testo che si può scrivere con qualunque editor (per esempio il blocco note di *Windows*). Il file *.*sch* va formattato in questo modo:

<u>Pilastri</u>

- *Prima riga*: nome dello schema di armatura
 - Seconda riga: dati del tratto di base. Nell'ordine vanno riportati i seguenti dati:
 - Lunghezza del tratto per l'armatura longitudinale
 - Diametro dei ferri di vertice
 - Diametro dei ferri di lato
 - Numero totale di ferri distribuiti lungo il lato 1 (somma del lato 1+ e lato 1-)
 - Numero totale di ferri distribuiti lungo il lato 2 (somma del lato 2+ e lato 2-)
 - Lunghezza del tratto di staffatura
 - Diametro delle staffe
 - Passo delle staffe
 - Terza riga: dati del tratto intermedio. Nell'ordine vanno riportati i seguenti dati:
 - Lunghezza del tratto per l'armatura longitudinale
 - Diametro dei ferri di vertice
 - Diametro dei ferri di lato
 - Numero totale di ferri distribuiti lungo il lato 1 (somma del lato 1+ e lato 1-)
 - Numero totale di ferri distribuiti lungo il lato 2 (somma del lato 2+ e lato 2-)
 - o Lunghezza del tratto di staffatura
 - Diametro delle staffe
 - o Passo delle staffe
 - Quarta riga: dati del tratto in cima. Nell'ordine vanno riportati i seguenti dati:
 - Lunghezza del tratto per l'armatura longitudinale
 - Diametro dei ferri di vertice
 - Diametro dei ferri di lato
 - Numero totale di ferri distribuiti lungo il lato 1 (somma del lato 1+ e lato 1-)
 - Numero totale di ferri distribuiti lungo il lato 2 (somma del lato 2+ e lato 2-)
 - Lunghezza del tratto di staffatura
 - o Diametro delle staffe
 - Passo delle staffe
- Quinta riga: numero degli elementi d2 a cui assegnare lo schema di armatura

<u>Travi</u>

- Prima riga: nome dello schema di armatura
- Seconda riga: dati del tratto iniziale. Nell'ordine vanno riportati i seguenti dati:
 - Lunghezza del tratto per l'armatura superiore
 - Area di armatura superiore, espressa in cm²
 - Lunghezza del tratto per l'armatura inferiore
 - Area di armatura inferiore, espressa in cm²
 - o Lunghezza del tratto di staffatura
 - o Diametro delle staffe
 - Passo delle staffe
 - Terza riga: dati del tratto centrale. Nell'ordine vanno riportati i seguenti dati:
 - Lunghezza del tratto per l'armatura superiore
 - Area di armatura superiore, espressa in cm^2
 - Lunghezza del tratto per l'armatura inferiore
 - Area di armatura inferiore, espressa in cm²
 - o Lunghezza del tratto di staffatura
 - Diametro delle staffe
 - o Passo delle staffe

- Quarta riga: dati del tratto finale. Nell'ordine vanno riportati i seguenti dati:
 - Lunghezza del tratto per l'armatura superiore
 - Area di armatura superiore, espressa in cm²
 - Lunghezza del tratto per l'armatura inferiore
 - Area di armatura inferiore, espressa in cm²
 - Lunghezza del tratto di staffatura
 - o Diametro delle staffe
 - o Passo delle staffe
 - Quinta riga: numero degli elementi d2 a cui assegnare lo schema di armatura



Di seguito è riportato un esempio di file formato *.*sch*, disponibile all'interno della cartella *Programmi* ► *PRO SAP PROfessional SAP* ► *Esempi*:

gruppo 01 "pilastro" 50 16 16 2 2 50 8 10 0 16 16 0 0 0 8 30 50 16 16 2 2 70 8 10 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

gruppo 02 "trave" 80 12 80 4 50 8 15 0 6 0 12 0 8 30 80 12 80 4 50 8 15 13 14 15 17 18 19 21 22 23 28 29 34 35 30 31 36 37

gruppo 03 "trave" 80 12 8 4 50 8 15 0 6 0 12 0 8 30 80 12 80 4 50 8 15 16 33 32 20 38 39 24 25 26 27 40 41 42 43

Per caricare un file formato *.sch, è necessario usare il comando Modifica ► Importa schemi armatura nel contesto di Assegnazione dati di progetto.

Importazione delle armature da un altro modello

È possibile importare le armature da un altro modello di calcolo con il comando *Modifica* > *Importa armature* nel contesto di *Assegnazione dati di progetto*.



Per importare le armature da un altro modello di calcolo i due modelli devono avere lo stesso numero di nodi ed elementi.

Lettura delle armature contenute negli esecutivi

Il programma consente di eseguire le verifiche in base alle armature presenti negli esecutivi. Per eseguire le verifiche delle armature presenti all'interno degli esecutivi è necessario:

- 1. Definire le combinazioni (se non sono state definite le combinazioni di carico, i comandi non sono attivi)
- 2. Definire i criteri di progetto
- 3. Assegnare il criterio di progetto agli elementi strutturali
- 4. Definire le armature con uno dei metodi previsti dal programma ed usare il comando Contesto ► Esecuzione progettazione ► Verifica schemi. In alternativa usare il comando Contesto ► Esecuzione progettazione ► Stati limite oppure Tensioni ammissibili a seconda del metodo di verifica scelto e delle combinazioni di calcolo definite.
- 5. Generare gli esecutivi con il comando Contesto > Generazione esecutivi > Esecutivi tutti
- 6. Aprire e modificare gli esecutivi che il programma ha salvato automaticamente nella cartella *disegni* contenuta all'interno della cartella *data* associata al modello
- 7. Usare il comando *Contesto* ► *Check armature c.a.* per rieseguire le verifiche in base alle armature contenute negli esecutivi.



L

L

Eseguendo la progettazione con il D.M.2018 si sconsiglia di apportare modifiche agli esecutivi. Progettando con la gerarchia delle resistenze la domanda a taglio su una trave o su un pilastro dipende dal momento resistente della trave o del pilastro. Analogamente la domanda su un nodo trave-pilastro dipende dall'armatura della trave. Inoltre, progettando secondo la gerarchia delle resistenze, è

necessario garantire la sovraresistenza del pilastro rispetto alla trave. Per tutte queste ragioni modificando le armature si modifica la domanda sugli elementi strutturali, con il risultato che le verifiche potrebbero non tornare più in seguito alla modifica degli esecutivi da parte dell'utente. Nel caso non si fosse soddisfatti dell'armatura progettata automaticamente dal programma si consiglia di modificare i criteri di progetto e rifare la progettazione automatica degli elementi strutturali.

Se si rende necessario apportare modifiche agli esecutivi, si può seguire questa procedura per ottimizzare la progettazione:

- 1) Progetto di travi e pilastri
- 2) Generazione esecutivi
- 3) Eventuali modifiche alle armature delle sole travate
- 4) Check armature c.a.
- 5) Riprogettazione dei soli pilastri sulla base delle nuove armature delle travate
- 6) Eventuali modifiche alle armature delle pilastrate
- 7) Check armature c.a.

Controllo dei risultati delle verifiche

Una volta eseguite le verifiche il controllo dei risultati avviene tramite i seguenti comandi:

Travi cls t.a.: permette di controllare i risultati della progettazione e delle verifiche degli elementi trave in c.a. eseguite con il metodo delle tensioni ammissibili

Pilastri cls t.a.: permette di controllare i risultati della progettazione e delle verifiche degli elementi pilastro in c.a. eseguite con il metodo delle tensioni ammissibili

d3 cls t.a.: permette di controllare i risultati della progettazione e delle verifiche degli elementi setto/guscio in c.a. eseguite con il metodo delle tensioni ammissibili

Travi cls s.l.: permette di controllare i risultati della progettazione e delle verifiche degli elementi trave in c.a. eseguite con il metodo degli stati limite

Pilastri cls s.l.: permette di controllare i risultati della progettazione e delle verifiche degli elementi pilastro in c.a. eseguite con il metodo degli stati limite

d3 cls s.l.: permette di controllare i risultati della progettazione e delle verifiche degli elementi setto/guscio in c.a. eseguite con il metodo degli stati limite

Controlla: permette di accedere alla Finestra di controllo generale per controllare i risultati delle verifiche relativi al singolo elemento ed i dettagli

Controllo dei risultati per la progettazione agli Stati Limite – D.M.2018

Tutte le mappe relative alle verifiche degli elementi strutturali riportano il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza. Salvo dove espressamente indicato la verifica è da intendersi soddisfatta se il valore in mappa è <= 1.

Travi

Il controllo dei risultati della progettazione e delle verifiche delle travi si può eseguire con i comandi presenti nel menù *travi cls.s.l.* Sono disponibili i seguenti comandi:

Stato di progetto

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- colore verde elementi progettati e verificati per cui è stato controllato l'esecutivo
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale

Gerarchia delle resistenze

I risultati che si controllano con il menù gerarchia delle resistenze non hanno effetto sullo stato di progetto

- *Momento res I+J-*: momento resistente positivo nell'estremo iniziale e negativo nell'estermo finale di ciascuna trave
- *Momento res I-J+*: momento resistente negativo nell'estremo iniziale e positivo nell'estermo finale di ciascuna trave
- Luce di taglio: luce utilizzata per il calcolo del taglio da gerarchia delle resistenze, espressa in cm
- Taglio da mom. Res. I+J-: taglio da gerarchia ottenuto dai momenti I+ e J-
- Taglio da mom. Res. I-J+: taglio da gerarchia ottenuto dai momenti I- e J+

Controllo duttilità

Poiché le verifiche di duttilità non sono sempre necessarie questi risultati non hanno effetto sullo stato di progetto. Spetta al progettista controllare le verifiche di duttilità qualora ci siano le condizioni per cui queste verifiche siano obbligatorie.

- Verifica 7.4.4.1.2 M+: verifica di duttilità in termini di curvatura nelle zone dissipative per momento positivo. Il valore in mappa rappresenta il rapporto tra la domanda, definita al §4.1.2.3.4.2 del D.M.2018, e la capacità, definita al §7.4.4.1.2 del D.M.2018. La verifica è soddisfatta se il valore in mappa è < 1. Questo risultato non ha effetto sullo stato di progetto
- Verifica 7.4.4.1.2 M-: verifica di duttilità in termini di curvatura nelle zone dissipative per momento negativo. Il valore in mappa rappresenta il rapporto tra la domanda, definita al §4.1.2.3.4.2 del D.M.2018, e la capacità, definita al §7.4.4.1.2 del D.M.2018. La verifica è soddisfatta se il valore in mappa è < 1. Questo risultato non ha effetto sullo stato di progetto

S.L.U.

- Verifica N/M: riporta il risultato della verifica a pressoflessione
- *Rapporto x/d*: riporta il rapporto tra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 0.45 (si veda §4.1.1.1 del D.M.2018)
- Verifica V/T cls: riporta il valore della verifica a taglio e torsione lato calcestruzzo
- Verifica V/T acciaio: riporta il valore della verifica a taglio e torsione lato acciaio
- Verifica ali fondazione: verifica dell'armatura trasversale delle ali delle travi di fondazione secondo il meccanismo della flessione dell'ala. Se il valore è zero non è necessaria armatura aggiuntiva nelle ali. La verifica è soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- S.L.E.
 - Stato di progetto: stato di progetto per le verifiche in esercizio. La colorazione degli elementi è analoga a quella dello stato di progetto per gli S.L.U.
 - *Fessure rare*: ampiezza delle fessure in combinazioni rare, espressa in mm. Se i valori in mappa sono tutti nulli non si aprono fessure. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono minori dei limiti indicati al §4.1.2.2.4 del D.M.2018
 - *Fessure frequenti*: ampiezza delle fessure in combinazioni frequenti, espressa in mm. Se i valori in mappa sono tutti nulli non si aprono fessure. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono minori dei limiti indicati al §4.1.2.2.4 del D.M.2018

Stato progetto SLU	
Gerarchia delle resistenze	×
Controllo duttilità	•
S.L.U.	•
S.L.E.	►
Inviluppo S.L.U.	•
Diagramma Af	
Diagramma At	
Rapporto Af	
Aree taglio-tors.	
Isola non verificati	
Sospendi	

- *Fessure quasi permanenti*: ampiezza delle fessure in combinazioni quasi permanenti, espressa in mm. Se i valori in mappa sono tutti nulli non si aprono fessure. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono minori dei limiti indicati al §4.1.2.2.4 del D.M.2018
- *Tensioni calcestruzzo rare*: formula 4.1.15 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1
- Tensioni acciaio rare: formula 4.1.17 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1
- *Tensioni calcestruzzo perm.*: formula 4.1.16 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1
- Deform. rare: mappa delle deformazioni nelle combinazioni rare. Questo risultato non influenza lo stato di progetto S.L.E. Il valore di deformazione è ottenuto dall'integrazione della funzione della

curvatura nel punto in cui viene calcolata $\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{\varepsilon_{sm} + \varepsilon_c}{d}$ dove ε_{sm} è la deformazione dell'acciaio

e \mathcal{E}_c è la deformazione del calcestruzzo.

• Deform.freq.: mappa delle deformazioni nelle combinazioni frequenti. Questo risultato non influenza lo stato di progetto S.L.E. Il valore di deformazione è ottenuto dall'integrazione della funzione della

curvatura nel punto in cui viene calcolata $\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{\varepsilon_{sm} + \varepsilon_c}{d}$ dove ε_{sm} è la deformazione dell'acciaio

e \mathcal{E}_c è la deformazione del calcestruzzo

• Deform. perm.: mappa delle deformazioni nelle combinazioni quasi permanente. Questo risultato non influenza lo stato di progetto S.L.E. Il valore di deformazione è ottenuto dall'integrazione della

funzione della curvatura nel punto in cui viene calcolata $\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{\varepsilon_{sm} + \varepsilon_c}{d}$ dove ε_{sm} è la

deformazione dell'acciaio e \mathcal{E}_c è la deformazione del calcestruzzo

Inviluppo S.L.U.

Inviluppo delle sollecitazioni di tutte le combinazoni considerate per le verifiche agli S.L.U. Gli inviluppi tengono conto anche di quanto definito nei criteri di progetto

Diagramma Af

Mappa delle armature longitudinali delle travi, espresse in cm². Il diagramma sopra l'elemento d2 rappresenta l'armatura all'estradosso, il diagramma sotto l'armatura all'intradosso. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Diagramma At

Mappa delle armature traversali delle travi, espresse in cm². Il diagramma sopra l'elemento d2 rappresenta l'armatura a taglio, il diagramma sotto l'armatura a torsione. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Rapporto Af

Mappa del rapporto tra l'armatura longitudinale e l'area della sezione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è compreso nei limiti definiti nei criteri di progetto.

Aree taglio-tors.

Mappa delle armature a scorrimento dovute al taglio ed alla torsione. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Isola non verificati

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Controllo puntuale dei risultati di un singolo elemento

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

Per le travi sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - o Stato trave: esito delle verifiche a pressoflessione sull'intera trave
 - Stato trave V: esito delle verifiche a taglio sull'intera trave
 - Stato sezione: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente
 - Stato sezione V: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente

Per i messaggi di errore si veda il paragrafo Tabella dei codici di errore

- Armatura longitudinale:
 - Af sup: area di armatura superiore, espressa in cm². Tra parentesi viene fornito un esempio di armatura in diametri che può garantire il quantitativo di armatura indicato in cm²
 - *Af inf*: area di armatura inferiore, espressa in cm². Tra parentesi viene fornito un esempio di armatura in diametri che può garantire il quantitativo di armatura indicato in cm²
 - Af tors: area di armatura necessaria per la torsione. Negli esecutivi quest'area sarà garantita dai ferri di parete
 - o Fattore ridistribuzione: fattore di ridistribuzione indicato dall'utente nei criteri di progetto
- Tensioni normali (verifica s.l.u.):
 - Verifica: riporta il risultato della verifica a pressoflessione retta, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - o x/d: posizione dell'asse neutro. Consente di controllare il rispetto del §4.1.1.1 del D.M.2018
- Armatura trasversale:
 - o L: lunghezza del tratto di staffatura, espressa in cm
 - staffe: numero di braccia, diametro e passo delle staffe. Tra parentesi sono indicati i ferri sagomati, espressi in cm²
- Tensioni tangenziali (verifica s.l.u.):
 - Verifica cls: riporta il risultato della verifica a taglio lato calcestruzzo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - o Dati verifica: riporta i singoli contributi al risultato della verifica (torsione, taglio 2 e taglio 3)
 - Verifica acciaio: riporta il risultato della verifica a taglio lato acciaio e la combinazione più gravosa
 - *Vrcd*: resistenza a taglio lato calcestruzzo
 - Vrsd: resistenza a taglio lato acciaio
 - V2: taglio di progetto

- *ctgT*: cotangente di theta
- o alfaC: coefficiente alfaC §4.1.2.3.5.2 D.M.2018
- o Trcd: resistenza a torsione lato calcestruzzo
- *Trsd*: resistenza a torsione lato acciaio
- *T*: torsione di progetto
- Stati limite di esercizio (verifica s.l.e.):
 - o Tens cls: verifica delle tensioni sul calcestruzzo in combinazioni rare e quasi permanenti
 - o Tens acc: verifica delle tensioni sull'acciaio in combinazioni rare
 - Fess: ampiezza delle fessure in combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti, espresse in mm
 - o Deform: freccia della trave in combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti

Pilastri

Il controllo dei risultati della progettazione e delle verifiche dei pilastri si può eseguire con i comandi presenti nel menù *pilastri cls.s.l.* Sono disponibili i seguenti comandi:

Stato di progetto

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- *colore verde* elementi progettati e verificati per cui è stato controllato l'esecutivo
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- *colore blu* elementi progettati con altro metodo o di altro materiale

Gerarchia delle resistenze

I risultati che si controllano con il menù gerarchia delle resistenze non hanno effetto sullo stato di progetto

- Sovraresistenza: esito della verifica di sovraresistenza (formula 7.4.4 del D.M.2018). La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è > 1.30 (sia in CDA che in CDB)
- *Fattori C7.2.1*: coefficienti di amplificazione del momento flettente del pilastro per garantire la gerarchia trave-pilastro (formula C7.4.3 circolare 7/2019)
- Momento res min: momento resistente minimo nei due estremi di ciascun pilastro
- Luce di taglio: luce utilizzata per il calcolo del taglio da gerarchia delle resistenze, espressa in cm
- Momento res max: momento resistente massimo nei due estremi di ciascun pilastro
- Taglio da mom. Res. I-J+: taglio da gerarchia ottenuto dai momenti resistenti del pilastro

Controllo duttilità

Le verifiche di duttilità sono obbligatorie solo alla base del pilastro e per le strutture prefabbricate. Spetta al progettista controllare le verifiche di duttilità nei casi in cui queste verifiche siano necessarie.

- Verifica 7.4.29: esito della verifica di duttilità secondo la formula 7.4.29 del D.M.2018. Il valore in mappa rappresenta il rapporto tra la parte a sinistra della disequazione e quella a destra, pertanto la verifica è soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- Verifica 7.4.4.2.2: verifica di duttilità in termini di curvatura nelle zone dissipative per momento negativo. Il valore in mappa rappresenta il rapporto tra la domanda, definita al §4.1.2.3.4.2 del D.M.2018, e la capacità, definita al §7.4.4.2.2 del D.M.2018. La verifica è soddisfatta se il valore in mappa è < 1. Questo risultato non ha effetto sullo stato di progetto

S.L.U.

- Verifica N/M: riporta il risultato della verifica a pressoflessione
- *Verifica sismica N*: riporta il risultato della verifica a compressione del calcestruzzo (si veda §7.4.4.2.1 del D.M.2018)
- Controllo stab.: rapporto tra la snellezza del pilastro e la snellezza limite definita dalla norma (formula 4.1.41). Se il valore è > 1 è necessario tenere conto degli effetti del II ordine con il metodo della colonna modello
- Verifica V/T cls: riporta il valore della verifica a taglio e torsione lato calcestruzzo
- Verifica V/T acciaio: riporta il valore della verifica a taglio e torsione lato acciaio
- Somma taglio res: somma del taglio resistente di tutti i pilastri di un impalcato
- Passo staffe nodo: passo delle staffe nel nodo trave-pilastro, espresso in cm.

Stato progetto SLU	
Gerarchia resistenze)
Controllo duttilità	•
S.L.U.)
S.L.E.	,
Inviluppo S.L.U.	,
Diagramma Af	
Rapporto Af	
Aree taglio-tors.	
Isola non verificati	
Sospendi	
Verifica tamponatura 7.2.3	,
- *Verifica nodo [7.4.8]*: esito della verifica lato calcestruzzo del nodo trave-pilastro (formula 7.4.8 del D.M.2018). La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- *Passo staffe* 7.4.4.3.1.: passo delle staffe nel nodo necessario a garantire l'area di armatura strettamente necessaria (passo staffe calcolato con le formule 7.4.10 oppure 7.4.11 o 7.4.12 del §7.4.4.3.1 del D.M.2018). Attenzione: non è il passo delle staffe inserite nel nodo
- Verifica 7.4.4.3.1. Ash: rapporto tra l'area di staffe inserita nel nodo Ash e l'area strettamente necessaria. In altre parole questo parametro indica da cosa deriva il passo delle staffe: se il valore riportato è 1 significa che il passo staffe è stato calcolato con una delle formule del §7.4.4.3.1. Se il valore riportato è < 1 significa che è stato assunto il passo delle staffe previsto nella zona critica del pilastro perché minore di quello necessario nel nodo (secondo il D.M.2018 il passo delle staffe nel nodo non può essere maggiore di quello adottato nelle zone critiche del pilastro). Questo risultato non ha effetto sullo stato di progetto
- *Diametro max bl*: diametro delle armature necessario per soddisfare la formula 7.4.27 del D.M.2018, espresso in mm
- *Rapporto D/C*: rapporto tra la domanda e la capacità a taglio dei pilastri, utile per controllare la regolarità in altezza della struttura

S.L.E.

- Stato di progetto: stato di progetto per le verifiche in esercizio. La colorazione degli elementi è analoga a quella dello stato di progetto per gli S.L.U.
- Tensioni calcestruzzo rare: formula 4.1.15 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1
- *Tensioni acciaio rare*: formula 4.1.17 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1
- *Tensioni calcestruzzo perm.*: formula 4.1.16 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1

Inviluppo S.L.U.

Inviluppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni considerate per le verifiche agli S.L.U. Gli inviluppi tengono conto anche di quanto definito nei criteri di progetto

Diagramma Af

Mappa delle armature longitudinali dei pilastri, espresse in cm². Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Rapporto Af

Mappa del rapporto tra l'armatura longitudinale e l'area della sezione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è compreso nei limiti definiti nei criteri di progetto.

Aree taglio-tors.

Area delle staffe, espressa in cm². Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Isola non verificati

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Controllo puntuale dei risultati di un singolo elemento

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

Per i pilastri sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - o Stato pilastro: esito delle verifiche a pressoflessione sull'intero pilastro
 - o Stato pilastro V: esito delle verifiche a taglio sull'intero pilastro
 - o Stato pilastro G: esito delle verifiche di sovraresistenza trave-pilastro
 - Stato pilastro D: esito delle verifiche di duttilità del pilastro
 - Stato nodo: esito delle verifiche del nodo trave-pilastro
 - o Stato sezione: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente
 - o Stato sezione V: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente

Per i messaggi di errore si veda il paragrafo Tabella dei codici di errore

- Armatura longitudinale:
 - Ferri di vertice: diametro dei ferri nei vertici della sezione
 - Ferri di lato (1): numero e diametro dei ferri sul lato 1 del pilastro. Il lato 1 è quello indicato dall'asse locale verde. Il numero di ferri è la somma dei ferri sul lato 1+ e lato 1-
 - Ferri di lato (2): numero e diametro dei ferri sul lato 2 del pilastro. Il lato 2 è quello indicato dall'asse locale blu. Il numero di ferri è la somma dei ferri sul lato 2+ e lato 2-
- Tensioni normali (verifica s.l.u.):
 - Verifica: riporta il risultato della verifica a pressoflessione, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - Verifica (compress): riporta il risultato della verifica a compressione del calcestruzzo (§7.4.4.2.1 D.M.2018), la combinazione più gravosa e la sollecitazione di progetto
 - o sovraresistenza: rapporto tra il momento resistente del pilastro e quello della trave
 - Dutt. base: dettagli delle verifiche di duttilità alla base del pilastro. Sforzo normale adimensionalizzato (nid), prodotto alfa*omega (formula 7.4.29 D.M.2018) e risultato delle verifiche secondo la formula 7.4.29 (fuori dalle parentesi) e secondo il §7.4.4.2.2 del D.M.2018 (all'interno delle parentesi)
 - Dutt. cima: dettagli delle verifiche di duttilità in testa al pilastro. Sforzo normale adimensionalizzato (nid), prodotto alfa*omega (formula 7.4.29 D.M.2018) e risultato delle verifiche secondo la formula 7.4.29 (fuori dalle parentesi) e secondo il §7.4.4.2.2 del D.M.2018 (all'interno delle parentesi)

- Armatura trasversale:
 - o L: lunghezza del tratto di staffatura, espressa in cm
 - staffe: numero di braccia, diametro e passo delle staffe. Tra parentesi sono indicati i ferri sagomati, espressi in cm2
- Armatura trasversale (per confinamento):
 - staffe: numero di braccia, diametro e passo delle staffe all'interno del nodo trave-pilastro ed area del nodo. Vengono inoltre riportati i valori di b_j nelle direzioni 2 e 3 (Tra parentesi viene indicato se il nodo è confinato o meno (§7.4.4.3 del D.M.2018)
 - Verifica [7.4.8]: riporta il risultato della verifica lato calcestruzzo del nodo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto. V2 è il taglio del pilastro sopra il nodo, Va il taglio dovuto all'armatura della trave (calcolato a seconda che il nodo sia interno o esterno) ed N lo sforzo normale del pilastro sopra il nodo utilizzato per il calcolo di ud
 - Verifica 7.4.4.3.1: rapporto tra l'area di staffe inserita nel nodo Ash e l'area strettamente necessaria. In altre parole questo parametro indica da cosa deriva il passo delle staffe: se il valore riportato è 1 significa che il passo staffe è stato calcolato con una delle formule del §7.4.4.3.1. Se il valore riportato è < 1 significa che è stato assunto il passo delle staffe previsto nella zona critica del pilastro perché minore di quello necessario nel nodo (secondo il D.M.2018 il passo delle staffe nel nodo non può essere maggiore di quello adottato nelle zone critiche del pilastro). Sono riportate anche le sollecitazioni di progetto del nodo
 - 7.4.10: indica quale formula è stata utilizzata per il progetto delle staffe. Se viene riportato SI il passo delle staffe deriva dalla formula 7.4.10 del D.M.2018; se viene riportato NO il passo delle staffe deriva dalla formula 7.4.11 oppure 7.4.12 a seconda del tipo di nodo
- Tensioni tangenziali (verifica s.l.u.):
 - Verifica cls: riporta il risultato della verifica a taglio lato calcestruzzo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - Dati verifica: riporta i singoli contributi al risultato della verifica (torsione, taglio 2 e taglio 3)
 - Verifica acciaio: riporta il risultato della verifica a taglio lato acciaio e la combinazione più gravosa
 - Vrcd: resistenza a taglio lato calcestruzzo
 - Vrsd: resistenza a taglio lato acciaio
 - V2: taglio di progetto
 - o ctgT: cotangente di theta
 - o alfaC: coefficiente alfaC §4.1.2.3.5.2 D.M.2018
 - Trcd: resistenza a torsione lato calcestruzzo
 - Trsd: resistenza a torsione lato acciaio
 - T: torsione di progetto
- Stati limite di esercizio (verifica s.l.e.):
 - o Tens cls: verifica delle tensioni sul calcestruzzo in combinazioni rare e quasi permanenti
 - Tens acc: verifica delle tensioni sull'acciaio in combinazioni rare

Elementi D3

Il controllo dei risultati della progettazione e delle verifiche dei d3, sia orizzontali che verticali, si può eseguire con i comandi presenti nel menù *d3 cls.s.l.* Sono disponibili i seguenti comandi:

Per i **gusci in c.a.** e per i **setti in c.a.** sono disponibili i seguenti risultati: *Stato di progetto*

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- *colore verde* elementi progettati e verificati per cui è stato controllato l'esecutivo
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale

S.L.U.

- Verifica N/M: riporta il risultato della verifica a pressoflessione
- *Verifica (25)*: riporta il risultato della verifica a compressione del calcestruzzo con riduzione del 25% di fcd

1	Stato progetto SLU
	Controllo duttilità
	Mostra ris. per elemento
	S.L.U.
	S.L.U. pareti duttili
	S.L.U. pareti estese
	S.L.E.
	Inviluppo S.L.U.
	Dir. armature
	Af nodi
	Af princ. 3+
	Af princ. 3-
	Af sec. 3+
	Af sec. 3-
	Av princ.
	Av sec.
	lsola non verificati
	Sospendi

- *Rapporto x/d*: riporta il rapporto tra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione. Per i gusci la verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 0.45 (si veda §4.1.1.1 del D.M.2018)
- Tensione da V3: riporta la mappa della massima tensione tangenziale. In ogni punto viene riportato il valore massimo della tensione derivante dalle azioni V13 e V23. Il messaggio *"Attenzione sono presenti elementi D3 per cui è necessaria armatura a taglio"* compare se tensione da V3 > vmin definito alla formula 4.1.23 del paragrafo del D.M. 2018. La tensione da V3 è calcolata a partire dall'Azione V (sollecitazione) che è espressa in daN/cm e nel caso di verifica agli SLU indica il taglio per unità di lunghezza divisa per l'altezza utile Hu. Si riporta un esempio: nelle immagini seguenti il valore massimo della sollecitazione è l'Azione V13, il copriferro è 3 cm, il diametro longitudinale è fi 16. Tensione da V3 = AzioneV13max / (spessore-copriferro-1/2 diametro longitudinale) = 1047.13/(80-3-0.8)=13.74 daN/cmq



- Verifica V cls: riporta il valore della verifica a taglio lato calcestruzzo. La verifica è necessaria solo se tensione da V3 > vmin quindi se tensione da V3 < vmin questo risultato non è disponibile
- *Verifica punz. EC2 6.47-6.50*: riporta il valore della verifica a punzonamento per elementi privi di armatura specifica (formule 6.47 e 6.50 dell'Eurocodice 2)
- Verifica punz. EC2 6.53: riporta il valore della verifica a punzonamento sul bordo del pilastro (formula 6.53 dell'Eurocodice 2)
- Asw totale: area di armatura necessaria per punzonamento, espressa in cm²
- Fattore d: valore del parametro d della formula 6.54 dell'Eurocodice 2
- S.L.E.
 - *Stato di progetto*: stato di progetto per le verifiche in esercizio. La colorazione degli elementi è analoga a quella dello stato di progetto per gli S.L.U.
 - *Fessure rare*: ampiezza delle fessure in combinazioni rare, espressa in mm. Se i valori in mappa sono tutti nulli non si aprono fessure. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono minori dei limiti indicati al §4.1.2.2.4 del D.M.2018
 - *Fessure frequenti*: ampiezza delle fessure in combinazioni frequenti, espressa in mm. Se i valori in mappa sono tutti nulli non si aprono fessure. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono minori dei limiti indicati al §4.1.2.2.4 del D.M.2018
 - *Fessure quasi permanenti*: ampiezza delle fessure in combinazioni quasi permanenti, espressa in mm. Se i valori in mappa sono tutti nulli non si aprono fessure. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono minori dei limiti indicati al §4.1.2.2.4 del D.M.2018
 - *Tensioni calcestruzzo rare*: formula 4.1.15 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1
 - Tensioni acciaio rare: formula 4.1.17 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1
 - *Tensioni calcestruzzo perm*.: formula 4.1.16 del D.M.2018. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono < 1

Inviluppo S.L.U.

Inviluppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni considerate per le verifiche agli S.L.U. Gli inviluppi tengono conto anche di quanto definito nei criteri di progetto

Dir.armature

Indica la direzione in cui sono disposte le armature. L'asse rosso indica la direzione dell'armatura principale, l'asse verde indica la direzione dell'armatura secondaria

Af nodi

- Mappa Af nodi: riporta le armature presenti in corrispondenza dei nodi, espresse in cm^2/m
- Mappa Af aggiuntiva: riporta le armature aggiuntive rispetto alla maglia di base in corrispondenza dei nodi, espresse in cm²/m. Se il valore in mappa è zero significa che la maglia di base è sufficiente ai fini delle verifiche

- Valori Af 3-: mostra l'armatura principale (in rosso) e secondaria (in verde) presente sul lato 3dell'elemento
- Valori Af 3+: mostra l'armatura principale (in rosso) e secondaria (in verde) presente sul lato 3+ dell'elemento
- Valori progetto: riporta le azioni nei nodi che generano la massima tensione ideale. In altre parole indica lo stato tensionale dell'elemento
- Setta minimo: imposta un filtro per visualizzare solo i valori compresi all'interno di un intervallo stabilito dall'utente

Af princ. 3+

Armatura principale sul lato 3+ dell'elemento

Af princ. 3-

Armatura principale sul lato 3- dell'elemento

Af sec. 3+

Armatura secondaria sul lato 3+ dell'elemento

Af sec. 3-

Armatura secondaria sul lato 3- dell'elemento

Av princ

Armatura a taglio progettata con il taglio agente in direzione principale

Av sec

Armatura a taglio progettata con il taglio agente in direzione secondaria

Isola non verificati

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Per le **pareti in c.a.** sono disponibili i seguenti risultati (con parete si intende il tipo di elemento strutturale definito dal D.M.2018 al §7.4.4.5):

Stato di progetto

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- colore verde elementi progettati e verificati per cui è stato controllato l'esecutivo
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale

Controllo duttilità

- *passo per omega wd*: passo delle staffe (zona critica) necessario per soddisfare la formula 7.4.32 del D.M.2018
- verifica per omega wd: esito della verifica di duttilità secondo la formula 7.4.32 del D.M.2018. Il valore in mappa rappresenta il rapporto tra la parte a sinistra della disequazione e quella a destra, pertanto la verifica è soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- verifica 7.4.4.5.2: verifica di duttilità in termini di curvatura nelle zone dissipative per momento negativo. Il valore in mappa rappresenta il rapporto tra la domanda, definita al §7.4.4.5.2 del D.M.2018, e la capacità, definita al §7.4.4.2.2 del D.M.2018. La verifica è soddisfatta se il valore in mappa è < 1. Questo risultato non ha effetto sullo stato di progetto

Mostra ris per elemento

Consente di selezionare il tipo di risultato da riportare nella finestra di controllo generale. Se il comando è attivo nella finestra di controllo generale sono riportati i risultati delle verifiche locali, se il comando non è attivo nella finestra di controllo generale sono riportati i risultati delle verifiche globali.

S.L.U.

I risultati contenuti in questo menù sono gli stessi descritti per setti e gusci, per brevità si omette la descrizione.

S.L.U. pareti duttili

- Azione M 7.4.4.5: momento di progetto della parete calcolato con riferimento alla figura 7.4.4 del D.M.2018
- Azione V 7.4.4.5: taglio di progetto della parete calcolato con riferimento alla figura 7.4.5 del D.M.2018
- *Diagramma Af confinata*: riporta la percentuale di armatura in zona critica. La verifica si intende soddisfatta se il valore è compreso nei limiti indicati nei criteri di progetto
- Diagramma Af verticale: riporta la percentuale di armatura verticale presente nella parete

- Diagramma Af orizzontale: riporta la percentuale di armatura orizzontale presente nella parete
- *Diagramma Af inclinata*: riporta il quantitativo di armatura inclinata inserito alla base della parete, espresso in cm
- *Verifica N/M*: riporta il risultato della verifica a pressoflessione (§7.4.4.5.1 del D.M.2018)
- *Verifica N sismica*: riporta il risultato della verifica a compressione del calcestruzzo (§7.4.4.5.1 del D.M.2018)
- Valore alfaS: riporta il valore del parametro alfaS del §7.4.4.5.1 del D.M.2018. Questo parametro serve ad indicare con quale metodo eseguire la verifica a taglio-trazione
- *Verifica roH/roV*: riporta il rapporto tra la percentuale di armatura orizzontale e verticale (formula 7.4.17 del D.M.2018)
- *Verifica V compressione*: riporta il risultato della verifica a taglio-compressione del calcestruzzo dell'anima (§7.4.4.5.1 del D.M.2018)
- *Verifica V trazione*: riporta il risultato della verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima secondo la formula 7.4.17 del D.M.2018
- *Verifica V trazione 7.4.16*: riporta il risultato della verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima secondo la formula 7.4.16 del D.M.2018
- Verifica V scorrimento: riporta il risultato della verifica a scorrimento, formula 7.4.18 del D.M.2018
- Taglio resistente: taglio resistente della parete
- S.L.U. pareti estese
 - Azione M 7.4.4.5: momento di progetto della parete calcolato con riferimento alla figura 7.4.4 del D.M.2018
 - Azione V 7.4.4.5: taglio di progetto della parete calcolato con riferimento alla figura 7.4.5 del D.M.2018
 - *Diagramma Af confinata*: riporta la percentuale di armatura in zona critica. La verifica si intende soddisfatta se il valore è compreso nei limiti indicati nei criteri di progetto
 - Diagramma Af verticale: riporta la percentuale di armatura verticale presente nella parete
 - Diagramma Af orizzontale: riporta la percentuale di armatura orizzontale presente nella parete
 - *Diagramma Af inclinata*: riporta il quantitativo di armatura inclinata inserito alla base della parete, espresso in cm
 - Verifica N/M: riporta il risultato della verifica a pressoflessione (§7.4.4.5.1 del D.M.2018)
 - *Verifica N sismica*: riporta il risultato della verifica a compressione del calcestruzzo (§7.4.4.5.1 del D.M.2018)
 - *Verifica N snellezza*: riporta il rapporto tra la snellezza della parete e la snellezza limite fornita dalla norma. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
 - Valore alfaS: riporta il valore del parametro alfaS del §7.4.4.5.1 del D.M.2018. Questo parametro serve ad indicare con quale metodo eseguire la verifica a taglio trazione
 - Verifica roH/roV: riporta il rapporto tra la percentuale di armatura orizzontale e verticale (formula 7.4.17 del D.M.2018)
 - Verifica V compressione: riporta il risultato della verifica a taglio-compressione del calcestruzzo dell'anima (§7.4.4.5.1 del D.M.2018)
 - *Verifica V trazione*: riporta il risultato della verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima secondo la formula 7.4.17 del D.M.2018
 - *Verifica V trazione 7.4.16*: riporta il risultato della verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima secondo la formula 7.4.16 del D.M.2018
 - Verifica V scorrimento: riporta il risultato della verifica a scorrimento, formula 7.4.18 del D.M.2018
 - *Taglio resistente*: taglio resistente della parete
- S.L.E.

I risultati contenuti in questo menù sono gli stessi descritti per setti e gusci, per brevità si omette la descrizione.

Dir.armature

Indica la direzione in cui sono disposte le armature. L'asse rosso indica la direzione dell'armatura principale, l'asse verde indica la direzione dell'armatura secondaria

Af nodi

I risultati contenuti in questo menù sono gli stessi descritti per setti e gusci, per brevità si omette la descrizione.

Af princ. 3+

Armatura principale sul lato 3+ dell'elemento

Af princ. 3-

Armatura principale sul lato 3- dell'elemento Af sec. 3+ Armatura secondaria sul lato 3+ dell'elemento

Af sec. 3-

Armatura secondaria sul lato 3- dell'elemento

Av princ

Armatura a taglio progettata con il taglio agente in direzione principale

Af sec. 3-

Armatura a taglio progettata con il taglio agente in direzione secondaria Isola non verificati

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Controllo puntuale dei risultati di un singolo elemento

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

Per gli elementi d3 in c.a. sono disponibili due diverse tipologie di finestra di controllo generale: la prima riporta i risultati delle verifiche locali, la seconda riporta i risultati delle verifiche globali.

Per gusci e setti in c.a. è disponibile solo la finestra di controllo generale che riporta i risultati delle verifiche locali (non essendo previste verifiche globali per questo tipo di elementi), per le pareti in c.a. sono disponibili entrambe.

Nella finestra di controllo generale per le verifiche locali sono riportati i seguenti risultati:



Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:

- Stato d3: esito delle verifiche a pressoflessione sull'intero d3
- *Stato d3 V*: esito delle verifiche a taglio sull'intero d3
- o Stato nodo: esito delle verifiche a pressoflessione nel nodo corrente
- o Stato nodo V: esito delle verifiche a taglio nel nodo corrente

Per i messaggi di errore si veda il paragrafo Tabella dei codici di errore

• Armatura longitudinale:

Riporta i dati relativi alle armature presenti nel nodo, espresse sia in cm² che in termini di diametro e passo dei ferri. Diametro e passo dipendono dalle indicazioni fornite dall'utente tramite criterio di progetto

- Tensioni normali (verifica s.l.u.):
 - o Verifica: riporta il risultato della verifica a pressoflessione e la combinazione più gravosa
 - Verifica (compress): riporta il risultato della verifica a compressione del calcestruzzo con riduzione del 25% di fcd
 - *rapporto x/d*: riporta il rapporto tra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione. Per i gusci la verifica si intende soddisfatta se il valore e < 0.45
- Tensioni tangenziali (verifica s.l.u.):
 - Max tau3: riporta il valore massimo della tensione derivante dalle azioni V13 e V23 e la combinazione più gravosa
 - Verifica princ: riporta il risultato della verifica a taglio lato calcestruzzo in direzione principale.
 La verifica è necessaria solo se tensione da V3 > vmin quindi se tensione da V3 < vmin questo risultato non è disponibile. Viene riportato anche V azione tagliante
 - *Av pr*: armatura a taglio presente nel nodo in direzione principale. Se zero significa che non è necessaria armatura per taglio
 - Verifica sec: riporta il risultato della verifica a taglio lato calcestruzzo in direzione secondaria. La verifica è necessaria solo se tensione da V3 > vmin quindi se tensione da V3 < vmin questo risultato non è disponibile. Viene riportato anche V azione tagliante
 - Av sec: armatura a taglio presente nel nodo in direzione secondaria. Se zero significa che non è necessaria armatura per taglio
 - o Check punz: risultato della verifica a punzonamento e sforzo normale di progetto
- Stati limite di esercizio (verifica s.l.e.):
 - Tens cls: verifica delle tensioni sul calcestruzzo in combinazioni rare e quasi permanenti
 - o Tens acc: verifica delle tensioni sull'acciaio in combinazioni rare
 - Fess wk: ampiezza delle fessure in combinazioni rare, frequenti, quasi permanenti

Nella finestra di controllo generale per le verifiche globali sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - Stato parete N-M: esito delle verifiche a pressoflessione sull'intera parete
 - Stato parete V: esito delle verifiche a taglio sull'intera parete
 - Stato sezione: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente della parete
 - Stato sezione V: esito delle verifiche a taglio nella sezione corrente della parete
- Armatura verticale
 - Riporta i dati relativi alle armature verticali presenti nella sezione corrente, espresse in termini di diametro e passo dei ferri. La prima parte è l'armatura all'interno delle zone critiche, la seconda parte è l'armatura all'esterno delle zone critiche. Viene riportata anche la percentuale di armatura nella sezione
- Verifica 7.4.4.5 per compressione:

Riporta il risultato della verifica a compressione del calcestruzzo, la combinazione più gravosa e lo sforzo normale di progetto esplicitando anche la parte aggiunta in base alle prescrizioni della norma (se necessario)

• Armatura orizzontale

Riporta i dati relativi alle armature orizzontali presenti nella sezione corrente, espresse in termini di diametro e passo dei ferri. Viene riportata anche la percentuale di armatura nella sezione

- Verifica 7.4.4.5 per taglio (compressione):
 - Riporta il risultato della verifica a taglio-compressione, la combinazione più gravosa, le sollecitazioni di progetto
 - Vrcd: resistenza a taglio lato calcestruzzo
 - Vrsd: resistenza a taglio lato acciaio
 - ctgT: cotangente di theta
- Verifica 7.4.4.5 per taglio (trazione):
 - Riporta il risultato della verifica a taglio-trazione nel caso sia alfaS > 2, la combinazione più gravosa, le sollecitazioni di progetto
 - *Vrcd*: resistenza a taglio lato calcestruzzo
 - o Vrsd: resistenza a taglio lato acciaio
 - o ctgT: cotangente di theta
- Verifica 7.4.4.5 per taglio (trazione con alfaS < 2):
 - Riporta il risultato della verifica a taglio-trazione nel caso sia alfaS < 2, la combinazione più gravosa, le sollecitazioni di progetto
 - Vrcd: resistenza a taglio lato calcestruzzo
 - Vrsd: resistenza a taglio lato acciaio
 - o alfaS: riporta il valore del parametro alfaS del §7.4.4.5.1 del D.M.2018
- Armatura inclinata
 - Riporta i dati relativi alle armature inclinate presenti nella sezione corrente, espresse in cm². Se zero non è stata prevista armatura inclinata
 - o d: distanza tra le armature
 - o *alfa*: angolo di inclinazione dell'armatura rispetto all'orizzontale
- Verifica 7.4.4.5 per taglio (scorrimento):
 - Riporta il risultato della verifica a taglio-scorrimento, la combinazione più gravosa, le sollecitazioni di progetto
 - o Vdd: contributo dell'effetto spinotto, formula 7.4.20 del D.M.2018
 - *Vid*: contributo dell'armatura inclinata, formula 5.46 dell'Eurocodice 8. Se zero significa che non è prevista armatura inclinata
 - o Vfd: contributo dell'attrito, formula 7.4.22 del D.M.2018

Progettazione delle fondazioni

II D.M.17/01/2018 al §7.2.5 prevede:

7.2.5. REQUISITI STRUTTURALI DEGLI ELEMENTI DI FONDAZIONE

Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la sola struttura in elevazione alla quale sono applicate le pertinenti combinazioni delle azioni di cui al §2.5.3.

Sia per CD"A" sia per CD"B" il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azione in fondazione, trasmessa dagli elementi soprastanti, una tra le seguenti:

- quella derivante dall'analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo (v. § 7.3);
- quella derivante dalla capacità di resistenza a flessione degli elementi (calcolata per la forza assiale derivante dalla combinazione delle azioni di cui al § 2.5.3), congiuntamente al taglio determinato da considerazioni di equilibrio;
- quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD"A" e 1,10 in CD"B";

Nel contesto visualizzazione risultati e nella stampa della relazione sulle fondazioni PRO_SAP mostra le sollecitazioni che derivano dall'analisi non incrementate sia in termini di pressioni sul terreno che in termini di sollecitazioni.

Per la progettazione degli elementi di fondazione eseguita da PRO_SAP (per travi e platee) o da PRO_CAD Plinti (per plinti e pali di fondazione) le sollecitazioni ottenute dall'analisi vengono incrementate del fattore: γRd= 1.1 in CDB γRd=1.3 in CDA.

Per i bicchieri dei plinti di fondazione prefabbricati la progettazione viene eseguita incrementando le sollecitazioni del fattore: γRd= 1.2 in CDB γRd=1.35 in CDA.

N.B.: se il fattore di struttura q è =1 la progettazione viene effettuata senza nessun incremento.

Per le verifiche geotecniche eseguite dal modulo geotecnico le sollecitazioni dell'analisi sono incrementate automaticamente: γRd = 1.1 in CDB γRd =1.3 in CDA.

N.B.: se il fattore di struttura q è =1 le verifiche geotecniche vengono effettuate senza nessun incremento.

Esecuzione delle verifiche di edifici esistenti in c.a.

Per l'esecuzione delle verifiche degli edifici esistenti in c.a. ed il controllo dei risultati si veda il capitolo 24 Verifica edifici esistenti

Verifiche di resistenza al fuoco

La verifica della resistenza al fuoco in PRO_SAP degli elementi in c.a. può essere condotta secondo le norme UNI EN 1992-1-2:2005 oppure seguendo la norma UNI 9502 edizione maggio 2001. Per quanto non previsto dalla norma UNI il riferimento adottato è la norma tecnica CNR NTC 192.

Per le verifiche in ottemperanza alla UNI EN 1992-1-2:2005 come previsto dal D.M.2018, si precisa che:

- con riferimento alla figura 1. di UNI EN 1992-1-2:2005 "Procedure di progettazione" si è seguito il ramo "progettazione" > "regole prescrittive" > "analisi delle membrature" > calcolo delle azioni" > "modelli di calcolo semplificati" e "modelli di calcolo avanzati";
- l' incendio di progetto, assieme alle regole per l' analisi della temperatura, è previsto come nella sezione 3 di UNI EN-1991-1-2:2005
- i materiali sono definiti come nella sezione 3 di UNI EN 1992-1-2:2005 per quanto concerne proprietà meccaniche e fisiche in funzione della temperatura;
- parametri di riduzione della resistenza per i modelli di calcolo semplificati sono tratti dalla sezione 4 di UNI EN 1992-1-2:2005.

La verifica dello stato limite per sollecitazioni N,M2,M3 è condotta sia per i modelli semplificati che per i modelli avanzati con le usuali ipotesi di conservazione delle sezioni piane ed aderenza acciaio-cls. La verifica dello stato limite per la sollecitazione di taglio V si esplica nel controllo della minor sicurezza lato acciaio (taglio portato dall' armatura trasversale) e lato cls (verifica della biella compressa).

I modelli semplificati adottano:

- diagrammi tensioni deformazioni utilizzati a freddo opportunamente ridotti:
 - 1. UNI EN 1992-1-1:2005 per il calcestruzzo prevede al punto 3.1.7. il diagramma parabola rettangolo o bilineare
 - 2. UNI EN 1992-1-1:2005 per l'acciaio prevede al punto 3.2.7 e 3.3.6 diagrammi di tipo elastico perfettamente plastico senza limiti di deformazione o elastico incrudito con limite di deformazione.
- fattori di riduzione funzione della temperatura per i calcestruzzi silicei o calcarei;

- fattori di riduzione per gli acciai funzione del tipo e del comportamento limite della sezione (acciaio compresso e teso con deformazione inferiore al 2% e acciaio teso con deformazione superiore al 2%).

La modalità di verifica secondo il modello semplificato richiede pertanto gli usuali parametri e algoritmi in uso nelle verifiche a freddo.

I modelli avanzati utilizzano diagrammi tensioni deformazioni come da sezione 3 di UNI EN-1991-1-2:2005:

- 1. per il calcestruzzo si adotta un diagramma definito dai tre parametri funzione della temperatura resistenza massima, deformazione corrispondente alla resistenza massima, deformazione corrispondente alla tensione nulla (esiste pertanto un ramo discendente);
- 2. per l'acciaio si adotta un diagramma definito dai seguenti parametri tutti funzione della temperatura:
- E(t) modulo elastico
- fp(t) tensione al limite proporzionale
- fy(t) tensione massima

- > ep(t) deformazione per fp
- \triangleright ey(t) deformazione iniziale per fy (inizio tratto orizzontale)
- \succ et(t) deformazione finale per fy (fine tratto orizzontale)
- > eu(t) deformazione per tensione nulla (esiste pertanto un ramo discendente);

La modalità di verifica con il modello avanzato necessita di alcune precisazioni:

- > il calcestruzzo al crescere della temperatura diminuisce la resistenza
- il calcestruzzo al crescere della temperatura diventa più duttile ossia aumenta la deformazione per cui attinge la massima resistenza e la deformazione in cui si annulla la resistenza
- > si ammette pertanto che alcune fibre siano deformate in modo da cadere nel ramo discendente
- I' acciaio al crescere della temperatura diminuisce il modulo elastico, presenta una fascia non lineare (tra la proporzionale e la plastica) crescente, e in particolare nel precompresso varia et(t) e eu(t).

La resistenza limite della sezione si ottiene pertanto iterando sulla curvatura ossia variando la deformazione massima del calcestruzzo e limitando quella dell' acciaio alla et(t).

La modalità di analisi termica della sezione è identica nei due modelli. Per determinare la mappa termica si è effettuata una analisi del transitorio con elementi finiti bidimensionali utilizzando il codice "FIRES-T3: A Computer Program for the Fire Response of Structure-Thermal (Three-Dimensional Version)" di Iding, R.; Bresler, B.; Nizamuddin, Z. disponibile presso il "Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899". Il software, opportunamente adattato per operare in ambiente grafico-interattivo assicura risultati coerenti con le mappe termiche delle norma UNI EN 1992-1-2:2005. Poiché l' analisi termica della sezione è effettuata indipendentemente dalla disposizione delle armature può essere adottata per tutte le verifiche allo stato limite ultimo.

Per le verifiche condotte secondo le norme UNI 9502, la verifica della capacità portante degli elementi è condotta con particolare riferimento ai punti (della norma UNI):

UNI 9502) 3.2 - curva temperatura/tempo nominale normalizzata

UNI 9502) 5.2 - applicazione del procedimento analitico

UNI 9502) 6.1 - determinazione analitica

UNI 9502) 6.4 - determinazione in presenza di rivestimenti protettivi

per l'analisi termica della sezione e la definizione della mappa termica al tempo di esposizione richiesto;

UNI 9502) 7.1- verifica del criterio di capacità portante

UNI 9502) 8 - azioni

UNI 9502) 9 - materiali

UNI 9502) 10 - coefficienti di sicurezza

CNR NTC 192) 5.3.3.2 verifiche per sollecitazioni che provocano tensioni normali

CNR NTC 192) 5.3.3.3 verifiche per sollecitazioni che provocano tensioni tangenziali

per la verifica dello stato limite ultimo di collasso.

Per determinare la mappa termica si è effettuata una analisi del transitorio con elementi finiti bidimensionali utilizzando il codice "FIRES-T3: A Computer Program for the Fire Response of Structure-Thermal (Three-Dimensional Version)" di Iding, R.; Bresler, B.; Nizamuddin, Z. disponibile presso il "Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899". Il software, opportunamente adattato per operare in ambiente grafico-interattivo assicura risultati coerenti con le mappe termiche della norma UNI. Poiché l'analisi termica della sezione è effettuata indipendentemente dalla disposizione delle armature può essere adottata per tutte le verifiche allo stato limite ultimo.

La verifica dello stato limite per sollecitazioni N,M2,M3 è condotta utilizzando il "metodo generale", con le ipotesi di conservazione delle sezioni piane ed aderenza acciaio-cls. La verifica dello stato limite per sollecitazioni T,V2 e V3 si esplica nel controllo della sicurezza lato acciaio (taglio portato dall'armatura trasversale) e lato cls (verifica della biella compressa); si osserva che in condizioni normali governa la verifica lato acciaio

Per le verifiche dello stato limite si è utilizzata la stessa mesh dell'analisi termica, con ogni elemento degradato in funzione della propria temperatura media.

Quadro normativo UNI 9502 Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso.

Documento completo per l'analisi termica, la definizione di combinazioni, la valutazione della resistenza ultima.

UNI EN 1991-1-2:2004

Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco.

Documento che contiene la descrizione fisica-tecnica della trasmissione del calore, curve nominali d'incendio, valori di alfac (25 per ISO834) e epsm (0.8).

Interessante l'annesso E e F per carico di incendio e equivalenza con tempi di esposizione.

UNI EN 1992-1-2:2005

Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.

Documento che contiene informazioni complete per materiale cls (dal punto di vista fisico-tecnico e meccanico) e acciaio (meccanico).

Nota:

2.2 Actions

(1)P The thermal and mechanical actions shall be taken from EN 1991-1-2.

(2) In addition to EN 1991-1-2, the emissivity (epsm) related to the concrete surface should be taken as 0,7.

DM 2018 - Norme tecniche per le costruzioni

Norme tecniche per le costruzioni.

Il punto 4.1.4 definisce i coefficienti parziali di sicurezza da applicare agli elementi strutturali per le verifiche di resistenza al fuoco

DM 2008 – Norme tecniche per le costruzioni

Norme tecniche per le costruzioni.

Documento che introduce il concetto di carico d'incendio specifico, di livello di prestazione, di classe di resistenza (min.) per curve d'incendio nominali, introduce le tre curve d'incendio nominale. Richiama il corpo normativo del min. interno DM 9 marzo 2007 e 16 febbraio 2007.

Il punto 4.1.13 richiama esplicitamente UNI EN 1992-1-2:2005 per le sezioni in c.a.

Il punto 4.2.11 richiama esplicitamente UNI EN 1993-1-2:2005 per le sezioni in acciaio.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 Con riferimento al §3.6.1.2 delle NTC si precisa che le disposizioni del Ministero dell'Interno richiamate all'ultimo capoverso, sono contenute nei seguenti decreti:

• DM 16.02.07: Classificazione di resistenza la fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione;

• DM 09.03.07: Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del corpo nazionale dei vigili del fuoco.

MINISTERO DELL'INTERNO - DECRETO 16 febbraio 2007

Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.

Si sottolinea l'allegato C ove richiama gli eurocodici succitati e le 9502 e 9503.

MINISTERO DELL'INTERNO - DECRETO 9 marzo 2007

Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.

Consente di stabilire (in analogia all'annesso E e F dell'EC1) la classe di resistenza in funzione del carico d'incendio e del livello di prestazione.

Definizione dei parametri di resistenza al fuoco della sezione per elementi D2

L'analisi di resistenza al fuoco della sezione avviene all'interno della tabella delle sezioni con i seguenti comandi:

Tabella delle sezioni ► Dati sezione ► Analisi resistenza al fuoco

Nella finestra visualizzata è possibile definire i parametri per l'analisi e la mappatura termica della sezione. Nella finestra sono riportate:

> Tabella per la definizione del tipo di esposizione;

Cornice grafica dell'orientamento dell'elemento e dell'indicazione dei lati esposti;

- > Comandi di gestione della mappatura termica;
- Comandi di gestione delle resistenze e dell'esposizione;
- > Finestra grafica della mappatura termica.

La *Tabella per la definizione del tipo di esposizione* permette la definizione dell'esposizione dei lati della sezione. La numerazione dei lati riportata nell'immagine a lato della tabella, permette la definizione dei lati esposti, facendo riferimento anche agli assi locali (rosso, verde, blu) riportati.

La categoria di esposizione può essere attivata scegliendo tra le tre presenti in tabella:

- Esposto
- Non esposto
- Adiabatico (nessuno scambio)

Nella tabella sono presenti le seguenti colonne:

Lato Indica il lato della sezione con una numerazione progressiva (es. lato1, lato2, ecc..);

Tratto Indica la lunghezza del tratto di lato per la definizione dell'esposizione. Un lato della sezione può essere scomposto in un numero massimo di tratti pari a 3 (numero delle colonne Tratto); ad ogni tratto corrisponde una esposizione definibile nella colonna a destra del tratto. Nel caso sia definito un solo tratto sul lato, il valore riportato nella prima colonna *Tratto* sarà pari alla lunghezza del lato.

Stato Permette la definizione dell'esposizione del tratto scegliendo tra le tre proposte.

Protezione Permette la definizione del livello di protezione del tratto espresso in centimetri di calcestruzzo.

Nella *Cornice grafica dell'orientamento dell'elemento e dell'indicazione dei lati esposti* sono riportati in rosso i tratti esposti, in verde i tratti non esposti e in bianco i lati adiabatici.

Dati esserve Arsatura tr	nervenske Aematuna knigtudinale	
1500.0 12.2	Analisi della resistenza al fuoco della sezione	>
V2 12560 W 32 V3 12560 Wo 23 F79800.001 Ateiza IRA 100 IRA	Lato Tr. Stato Tualto Stato Tualto Stato Pet Lato 30 Esposto 0 None 0 Non 0 Lato 30 Esposto 20 None 0 Non 0 Lato 30 None 0 None 0 Non 0 Lato 4 20 None 30 Esposito 0 Espo 0	4
Analist resistenza al		-
etanplae: 5+30 h-60	Dat per analei transitorio Disensitoria talo [2,0] mestr (oni) N. rod [256 N alessanto [225] Avverzate, Aggiorna Data termine Usa per verifica	1175.3#
	Especialore 120 minut Capacitá X 76 62 [1]	OK.
	T maps 785.45. [814.23. [**]	

Nella cornice dei *Dati per l'analisi del transitorio* sono contenuti i comandi e le opzioni per il calcolo della mappatura termica della sezione.

- *Dimensione lato mesh* Indica la dimensione del lato degli elementi con cui è stata discretizzata la sezione. La temperatura in qualsiasi punto si può ottenere con interpolazione lineare tra i valori del centro dei quadrati.
- Numero nodi Indica il numero di nodi generato dalla discretizzazione della sezione;
- Numero elementi Indica il numero di elementi generato dalla discretizzazione della sezione.
- Comando **Avanzate...** Permette di accedere alla finestra Dati *per analisi del transitorio termico e verifica capacità portante* per la definizione dei parametri e dei coefficienti per l'analisi termica.

Dati per an	alisi del trans	itorio termico e verifica capacità p	ortante X
Scambiodi Tempe Hnet,d = a Latoesp e res	i calore con l'a ratura gas (t) Ilfa c * (Tg - Tn osto 0.7	mbiente ↓ IVsa curva ISO834 n) **n + e res * B * (TAg**4 - TAm**4) remiss. risultante (irraggiamento)	Curva tempo-temperatura
alfa c exp n	25 1	coeff. scambio (convezione) esponente	Curve relative al conglomerato
Lato non e res alfa c	0.7	remiss. risultante (irraggiamento) coeff. scambio (convezione)	Calore specifico cls (T) Massa cls (T)
exp n B Ta	1 5.7e-08 273	esponente costante di Stefan-Boltzmann temperatura assoluta	Eurocodici: valori di default Classe 120 tempo di esposizione R [minuti] Gc.fi 1 coeff. di sicurezza cls
Max iter.	Tolleranza — 0.05 0.05	per elementi di contorno per la matrice sistema intervallo di calcolo FEM (mimuti)	Gs,fi 1 acciaio armatura Gw,fi 1 legno Ga,fi 1 acciaio profili passo 2 per mesh D3 [cm]
Non prot. 5 Unità di misu	Prot. 20 ra SI: [daN,m,	passi di integrazione [sec] per acciaio EN UNI 1993-1-2 risp. per sezioni senza/con protezione J,W,C]; Sezioni scalate in automatico	Usa UNI 9502 anzichè EC 2 Verifica per cls calcareo Verifica per acciaio trafilato temperatura staffe mediata
			OK

Nella finestra *Dati per l'analisi del transitorio termico e verifica della capacità portante* è possibile definire, *oltre ai* coefficienti per irraggiamento, convenzione e le tolleranze, le curve temperatura-calore specifico, temperatura-massa, temperatura conducibilità cliccando rispettivamente sui pulsanti: Curva Calore specifico, Curva Massa, Curva Conducibilità. Cliccando su ciascuno dei tasti suddetti compare una finestra in cui è possibile inserire le coordinate dei punti della curva.

È inoltre possibile specificare il tempo di esposizione R (in minuti) che il programma utilizzerà come default per le verifiche, i coefficienti di sicurezza per calcestruzzo, acciaio e legno e specificare il tipo di cls (calcareo o meno) e di acciaio (trafilato o meno).

Se si attiva l'opzione "Usa uni 9502" il programma fa le verifiche di resistenza al fuoco secondo la CNR UNI 9502, altrimenti usa l'eurocodice2.

Se si attiva l'opzione "temperatura staffe mediata" il programma usa la temperatura media della staffa durante le verifiche a taglio, se non è attiva viene usata la temperatura massima.

- Comando **Aggiorna** Permette di assegnare il contenuto della **Tabella per la definizione del tipo di** esposizione alla sezione in esame.
- Comando **Analisi termica** Permette di eseguire il calcolo della distribuzione delle temperature nella sezione. Al termine dell'analisi realizzata con successo, viene visualizzato il messaggio *Analisi effettuata: temperature disponibili* ed è possibile, muovendo il cursore della cornice *Esposizione*, effettuare la mappatura termica della sezione alle varie temperature.
- Comando **Usa per verifica** Permette di realizzare il salvataggio della mappatura termica della sezione, per eseguire la verifica di resistenza al fuoco degli elementi.
- Attivando il comando viene visualizzata, inoltre, la finestra che permette il salvataggio dell'immagine della mappatura termica della sezione.
- Nella cornice dei *Comandi di gestione delle resistenze e dell'esposizione* sono contenuti: il cursore per la mappatura della sezione alle varie temperature, i coefficienti di sicurezza dei materiali e le temperature delle armature.

Scorrendo il cursore mediante il puntatore del mouse si visualizza la mappatura termica della sezione alle varie temperature.

Nella cornice sono riportati, inoltre, i seguenti parametri:

 Capacità % Permette di valutare la riduzione percentuale della capacità portante di un elemento dopo un prefissato tempo di esposizione al fuoco. La riduzione della capacità viene determinata mediante il fattore di riduzione medio k_{mc}. Viene riportata la riduzione della capacità portante a compressione e trazione.

• *T max* Temperatura massima rispettivamente delle armature longitudinali e delle staffe.

Realizzata la definizione dei parametri riportati sopra ed eseguita l'analisi termica è possibile salvare i risultati con il comando **Usa per verifica** ed uscire con il tasto **Ok**.

La determinazione della mappatura termica deve essere effettuata per tutte le sezioni appartenenti ad elementi esposti al fuoco.

Definizione del criterio di progetto per elementi D3

Per eseguire la progettazione al carico d'incendio degli elementi D3 è necessario assegnare i parametri per il calcolo, all'interno della *Tabella dei criteri di progetto*.

All'interno delle finestre Pareti c.a. e Gusci c.a. sono presenti i seguenti parametri della cornice Esposizione per verifica 9502:

- Opzione 3 (intradosso) Consente di assegnare l'esposizione al carico d'incendio al lato 3 (per visualizzare il sistema di riferimento locale degli elementi D3 utilizzare il comando Preferenze ► Opzioni elementi ► Elementi D3 orientamento);
- *Opzione 3* + Consente di assegnare l'esposizione al carico d'incendio al lato 3 + (per visualizzare il sistema di riferimento locale degli elementi D3 utilizzare il comando **Preferenze** ► **Opzioni elementi** ► **Elementi D3 orientamento**);

Tempo esp. R (min.) Consente di assegnare il tempo di esposizione al carico d'incendio.

abella del criteri di progetto							
Pilastri acc. Tra	vi acc.	Muratura	Legno	XLAM			
Pareti c.a. Gusci c.a.	Travi c.a.	Pilastri c.a.	Solai e pannelli	Aste acc.			
diametro		10		-			
passo		20	20				
diametro aggiuntivi		12	12				
🗉 Maglia y							
diametro		10	10				
passo		20					
diametro aggiuntivi		12					
Stati limite ultimi							
Tensione fy		4500.0 [daN/	'cm2]				
Tipo acciaio		tipo C					
Coefficiente gamma s		1.15					
Coefficiente gamma c		1.5	1.5				
Verifiche con N costar	te						
Applica SLU da DIN							
Resistenza al fuoco							
3- intradosso							
3+ estradosso							
Tempo di esposizione R		15					
				_			
riterio di progetto NTC2018							
Copia Incolla	Appli	ca Annu	a Esci	1			

Visualizzazione dell'esposizione assegnata agli elementi D3

Per la visualizzazione ed il controllo dell'esposizione assegnata è possibile utilizzare il comando

Uso colori per impostare nella finestra *Opzioni di colorazione* alla voce *Colore D3* che gli elementi vengano colorati in base all'esposizione all'incendio. Attivare l'opzione di visualizzazione:





Grafica ► Linee Nascoste Vengono visualizzate con colorazione rossa le facce delle pareti a cui è stata assegnata l'esposizione al carico d'incendio.

Definizione dei parametri di resistenza al fuoco per elementi D3

L'analisi di resistenza al fuoco degli elementi D3 avviene in base ai parametri contenuti nella finestra visualizzabile con i seguenti comandi:

Preferenze ► **Normative** Viene visualizzata la finestra *Normative in uso*, che contiene la cornice *Resistenza al fuoco*.

Attivando il comando **Avanzate...** viene visualizzata la finestra Dati *per analisi del transitorio termico e verifica capacità portante* per la definizione dei parametri e dei coefficienti per l'analisi termica.

Al termine della definizione dei parametri premere il comando Applica.

Definizione delle combinazioni di carico

Per realizzare la verifica di resistenza al fuoco è necessario definire almeno una combinazione agli SLU per la situazione di incendio.

La definizione avviene all'interno della finestra delle combinazioni, in cui è possibile aggiungere una nuova combinazione con il tasto *Aggiungi* ed assegnare il tipo di combinazione (comando *Tipo comb.*) SLU(inc.).

La definizione, in alternativa, avviene all'interno della finestra delle combinazioni, in cui è possibile aggiungere una nuova combinazione con il tasto *SLU accid*.

I coefficienti moltiplicatori dei vari casi di carico della combinazione devono essere introdotti in base a quanto riportato nel <u>prospetto 6</u> della normativa.

Per confermare le combinazioni definite ed uscire dalla finestra, premere il tasto *Ok*.

Esecuzione della verifica di resistenza al fuoco e visualizzazione dei risultati

luo & cosci ado	oweis	8				
Rep castle.						
Carlen LUC	1 102	140	10.4	103	106	-
D-81 13 D-81 13	13	1.90	808	108	0 Ht	.3
D41 15	1 13	150	1 50	8.08	0.III	
D-81 10	118	0.00	1.00	1.05	010	
D-01 10 D-02 10	E 116	0.80	1.60	1.05	0.00	
D-01 10	1.18	0.80	1.50	1.08	Ŭ.	
pau in	19	1.50	105	100	ñ# .	-
Average 1	News I	Grandstate of	eroles .		110000	-
		Imprimal	ei geoal	Apanocine T	Appositio	2
Paur	7989	2711 APH	STE INF	Connector	for some states	
-Leggi Sh	Schille	SL sooka -	SLEINA			
Constrain desta	everper S1.5	SLU cont	SLE bernl			
of Damage		-				
C Appendie						
C Mato acces	and the second sec	Continues of	IN PARTY OF A PARTY OF	208.12.12 au	and and a second	

La verifica di resistenza viene realizzata nel contesto di Assegnazione dati di progetto.

N.B. Per eseguire la verifica di resistenza al fuoco è necessario che gli elementi siano progettati e selezionati.

Dopo aver eseguito la progettazione degli elementi strutturali è possibile eseguire la verifica di resistenza al fuoco con i seguenti comandi:

1. Selezionare gli elementi da verificare;

2. Attivare il comando **Contesto > Esecuzione progettazione > Resistenza al fuoco**

I risultati della verifica di resistenza possono essere visualizzati mediante il comando:

Verifica di resistenza al fuoco: permette di controllare i risultati della verifica di resistenza al fuoco sugli elementi in c.a.



Il menu presenta le seguenti opzioni:

Per elementi D2

- Stato progetto D2 Permette la visualizzazione, mediante colori, del risultato di verifica positiva o negativa.
 - Colore giallo ► elementi non progettati,
 - Colore rosso ► elementi non verificati,
 - Colore ciano ► elementi verificati.
- > Verifica N/M Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime N, M2, M3.
- > Verifica V/T Valore più alto dei seguenti rapporti:
- Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime T, V2, V3 (verifica della biella compressa).

Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime T, V2, V3 (verifica dell' armatura trasversale).

□ *Inviluppo* Permette la visualizzazione dell'inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione al carico d'incendio degli elementi D2.

Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni:

- Sforzo Normale
- Taglio 2-2
- Taglio 3-3
- Mom. torcente
- o Momento 2-2
- Momento 3-3
- > Isola non verificati Permette la visualizzazione automatica degli elementi non verificati.

Per elementi D3

Stato progetto D3 Permette la visualizzazione, mediante colori, del risultato di verifica positiva o negativa.

Colore rosso ► elementi non verificati,

Colore ciano ► elementi verificati.

- > Verifica N/M Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime N, M2, M3.
- Verifica V Riporta con mappa di colore il massimo valore ottenuto dai seguenti due rapporti: Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime V (azione di taglio ortogonale al piano): verifica della biella compressa;

Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime V (azione di taglio ortogonale al piano): verifica della capacità in assenza di armatura per taglio.

> Isola non verificati Permette la visualizzazione automatica degli elementi D3 non verificati.

Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento D2 per la verifica di resistenza al fuoco

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della verifica, relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. Premere il comando:



Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione, relativi al singolo elemento.

2. Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare Click con il mouse sull'elemento che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame.



Per la verifica di resistenza al fuoco sono riportati:

- Resistenza al fuoco Riporta la sintesi dello stato di verifica dell'elemento (T verifica relativa a taglio e torsione);
- > Verifiche SLU (incendio) Permette di visualizzare i seguenti risultati:

Verifica: Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime N, M2, M3;

Ver. Staff.: Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime T, V2, V3 (verifica dell'armatura trasversale).

Ver. Cls: Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime T, V2, V3 (verifica della biella compressa).

Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento D3 per la verifica di resistenza al fuoco

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della verifica, relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. Premere il comando:

Contro

Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione, relativi al singolo elemento D3.

2. Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare Click con il mouse sull'elemento che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame.

E F	inestra di controllo generale	- 🗆 🗙
 → Stato di progetto e verifica → Armatura longitudinale → Tensioni normali (verifica s.l.u.) → Stati limite di esercizio (verifica s.l.e.) → Resistenza al fuoco → Stato D3 : OK (verifica) → Stato D3 V : OK (verifica) → Stato nodo : OK (verifica) → Stato nodo V : OK (verifica) → Stato nodo V : OK (verifica) → Stato nodo V : OK (verifica) → Verifiche SLU (incendio) → Ver. V Cls - : 5.455e-03 in cmb: 58 → Ver. V Cls + : 3.671e-02 in cmb: 58 	ensioni normali) puntone compresso) (per resistenza a trazione)	326 322 227 225 Genera esecutivi Sincronia report Genera esecutivi Nodo corrente = 225

Per la verifica di resistenza al fuoco sono riportati:

- Resistenza al fuoco Riporta la sintesi dello stato di verifica dell'elemento (V verifica relativa a sollecitazioni tangenziali);
- > Verifiche SLU (incendio) Permette di visualizzare i seguenti risultati:

Ver. N/M: Rapporto tra le azioni di calcolo e le azioni ultime N, M2, M3;

Ver. V Cls-: Rapporto azioni di calcolo e azioni ultime V (azione di taglio ortogonale al piano): verifica della biella compressa.

Ver. V Cls+: Rapporto azioni di calcolo e azioni ultime V (azione di taglio ortogonale al piano): verifica della capacità in assenza di armatura per taglio.

Settaggio delle restituzioni grafiche dei risultati della progettazione

Nel contesto assegnazione dati di progetto è possibile attivare le opzioni che consentono di modificare la modalità di restituzione dei risultati della progettazione. Per l'attivazione delle opzioni è necessario utilizzare il comando *Opzioni* presente nella barra superiore all'interno del contesto *Assegnazione dati di progetto.* Per la descrizione dei comandi si faccia riferimento al capitolo 10.

ОК	verifica	L'elemento o la sezione sono verificati		
NU	non verifica	L elemento o la sezione non sono verificati.		
ОК	non richiesta	La Verifica non e richiesta (ad esempio non sono richieste verifiche di stabilità per elementi sempre tesi).		
ок	da esecutivo o schema	L'elemento o la sezione sono verificati (appare dopo il check armature CA e la verifica schemi armatura).		
NV	da esecutivo o schema	L'elemento o la sezione non sono verificati (appare dopo il check armature CA e la verifica schemi armatura).		
NV	Criterio non corretto	Il criterio di progetto non è compatibile con la sezione (ad esempio sono stati selezionati diametri troppo grossi, che non rispettano gli interferri).		
NV	%Af da minimo; %Af da minimo per compressione	L'area del ferro inserita non rispetta le percentuali minime di armatura (dopo la progettazione, il check armature CA o la verifica schemi).		
NV	Af non sufficiente	L'area del ferro inserita non basta per soddisfare le verifiche di resistenza.		
NV	%Af troppo alta	L'area del ferro inserita è maggiore della massima consentita nel criterio di progetto (%Afmax).		
NV	V2/V3/T elevati	Le sollecitazioni tangenziali sull'elemento D3 è sono troppo elevate (il CA va in crisi per rottura lato calcestruzzo).		
ок	armatura non richiesta	Nel nodo corrente dell'elemento D3 è sufficiente l'armatura di base.		
ок	armatura richiesta!!!	Nel nodo corrente dell'elemento D3 è necessaria armatura aggiuntiva (per		
NV	Af o sezione insufficiente; Af o sezione non idonea; sezione insufficiente per N	La sezione non è verificata per carenza di armatura, o perché la sezione trasversale è troppo piccola.		
NV	rapporti geom. Af sup e Af inf	Non è rispettato il paragrafo 7.4.6.2.1 del DM2008 "Nelle zone critiche della trave, inoltre, deve essere ρ comp $\geq 1/2 \rho$ e comunque $\geq 0.25 \rho$."		
NV	armatura del traliccio	Non è rispettato il paragrafo 4.1.6.1.1 del DM2008 "Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio."		
NV	traslazione Af per taglio	Non è rispettato il paragrafo 4.1.2.1.3.2 del DM 2008 "Le armature longitudinali, dimensionate in base alle sollecitazioni flessionali, dovranno essere prolungate di una misura pari a al = $0.9 \cdot d \cdot (\operatorname{ctg}\theta - \operatorname{ctg}\alpha) / 2 \ge 0$ "		
ОК	passo minimo	Le staffe sono state dimensionate in base ad un minimo da normativa.		
ОК	passo calcolato	Le staffe sono state dimensionate in base alle sollecitazioni.		
ок	passo raffittito	Le staffe sono state dimensionate in base ad un minimo da normativa o da criteri di progetto nella zona raffittita.		
ок	passo corrente	Le staffe sono state dimensionate in base ad un minimo da normativa o da criteri di progetto nella zona non raffittita.		
NV	passo < passo minimo	La verifica non risulta soddisfatta perché il passo delle staffe che risulta dal progetto è < del minimo consentito dai criteri di progetto.		
NV	passo > passo corrente	La verifica non risulta soddisfatta perché il passo delle staffe che risulta check armature o dallo schema è > del passo necessario nella zona non raffittita.		
NV	lunghezza tratto insufficiente	La lunghezza del tratto raffittito delle staffe non è sufficiente per sopportare le sollecitazioni di taglio/torsione o è inferiore alla lunghezza critica delle staffe raffittite.		
NV	passo > passo raffittito	Il passo staffe inserito negli esecutivi o nello schema armatura è > di quello necessario in zona raffittita.		
NV	passo staffe	Il passo staffe inserito negli esecutivi o nello schema armatura non è		

Tabella dei codici di errore

		sufficiente per sopportare le sollecitazioni.
NO	biella compressa	La verifica a taglio non è soddisfatta perché il taglio è > di VRcd (DM2008, paragrafo 4.1.2.1.3.2).
NO	staffe insufficienti	La verifica a taglio non è soddisfatta perché il taglio è > di VRsd (DM2008, paragrafo 4.1.2.1.3.2).
NO	staffe insufficienti e biella compressa	La verifica a taglio non è soddisfatta perché il taglio è > di VRcd e anche di Vrsd(DM2008, paragrafo 4.1.2.1.3.2).
	Non confinato	Il nodo trave-pilastro non è confinato.
	Nodo confinato	Il nodo trave-pilastro è confinato.

Controllo dei risultati per la progettazione con le Tensioni Ammissibili – D.M.96



Il D.M.2018 non prevede la possibilità di eseguire verifiche alle tensioni ammissibili. Tuttavia questo metodo di calcolo può essere ancora utilizzato per il progetto simulato ai fini di individuare le armature presenti in un edificio esistente in c.a. Per ulteriori informazioni sul progetto simulato si faccia riferimento al capitolo 24 *Verifica edifici esistenti*

Travi

Il controllo dei risultati della progettazione e delle verifiche delle travi si può eseguire con i comandi presenti nel menù *travi cls.t.a.* Sono disponibili i seguenti comandi:

Stato di progetto

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale
- Tensioni cls max

Riporta le tensioni massime sul calcestruzzo

Tensioni cls med

Riporta le tensioni medie sul calcestruzzo

Tensioni acciaio

Riporta le tensioni massime sull'acciaio

Tau cls max

Riporta le tensioni tangenziali massime sul calcestruzzo *Inviluppo S.L.U.*

Inviluppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni considerate per le verifiche agli S.L.U. Gli inviluppi tengono conto anche di quanto definito nei criteri di progetto

Diagramma Áf

Mappa delle armature longitudinali delle travi, espresse in cm². Il diagramma sopra l'elemento d2 rappresenta l'armatura all'estradosso, il diagramma sotto l'armatura all'intradosso. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Diagramma At

Mappa delle armature traversali delle travi, espresse in cm². Il diagramma sopra l'elemento d2 rappresenta l'armatura a taglio, il diagramma sotto l'armatura a torsione. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Rapporto Af

Mappa del rapporto tra l'armatura longitudinale e l'area della sezione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è compreso nei limiti definiti nei criteri di progetto.

Aree taglio-tors.

Mappa delle armature a scorrimento dovute al taglio ed alla torsione. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Verifica ali fondazione

Verifica dell'armatura trasversale delle ali delle travi di fondazione secondo il meccanismo della flessione dell'ala. Se il valore è zero non è necessaria armatura aggiuntiva nelle ali. La verifica è soddisfatta se il valore in mappa è < 1

Isola non verificati

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Controllo puntuale dei risultati di un singolo elemento

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

Per le travi sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - Stato trave: esito delle verifiche a pressoflessione sull'intera trave
 - Stato trave V: esito delle verifiche a taglio sull'intera trave
 - Stato sezione: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente
 - Stato sezione V: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente

Per i messaggi di errore si veda il paragrafo Tabella dei codici di errore

Armatura longitudinale:

- *Af sup*: area di armatura superiore, espressa in cm². Tra parentesi viene fornito un esempio di armatura in diametri che può garantire il quantitativo di armatura indicato in cm²
- Af inf: area di armatura inferiore, espressa in cm². Tra parentesi viene fornito un esempio di armatura in diametri che può garantire il quantitativo di armatura indicato in cm²
- Tensioni normali:
 - *Max tens cls*: riporta il valore della tensione massima sul calcestruzzo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - Max tens acc: riporta il valore della tensione massima sull'acciaio, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - *Max media cls*: riporta il valore della tensione media sul calcestruzzo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
- Armatura trasversale:
 - *L*: lunghezza del tratto di staffatura, espressa in cm
 - staffe: numero di braccia, diametro e passo delle staffe. Tra parentesi sono indicati i ferri sagomati e l'armatura per torsione, espressi in cm²
- Tensioni tangenziali:
 - *Max tau cls*: riporta le tensioni tangenziali sul calcestruzzo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - Composizione tau: riporta le tensioni tangenziali scomposte nei singoli contributi, T è la torsione V è il taglio

Cenni sul calcolo delle staffe per sollecitazioni di taglio con il metodo delle Tensioni Ammissibili

Nelle travi si devono prevedere staffe aventi sezione complessiva non inferiore a 0.10 β^* cm²/m, essendo β^* la larghezza corrispondente a $\tau = \tau_{c0}$ con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0.8 volte l'altezza utile della sezione.

In prossimità di carichi concentrati o delle zone di appoggio, per una lunghezza pari all'altezza utile della sezione da ciascuna parte del carico concentrato, il passo delle staffe non dovrà superare il valore 12 $\phi_{\rm l}$ essendo $\phi_{\rm l}$ il diametro minimo dell'armatura longitudinale.

Armatura minima di regolamento	M _{st} ≥3
	M _{st} ≥ 100/0.8 x h
	$M_{st} \ge 0.1 \beta^*$ / A_{st} dove β^* =T/0.9 x h x τ_{c0}

N.B.: una campata viene di norma suddivisa in tre tratti: iniziale – intermedio – finale; i tratti estremi sono deputati al raffittimento delle staffe.

La suddivisione è governata dalla lunghezza della campata e dalla variazione del taglio.

Si considera una lunghezza di raffittimento *Lraff* sempre diversa da 0, se la lunghezza della trave è maggiore di **2*Lraff** vengono generati tre tratti.

La suddivisione della campata può essere governata in prima istanza dal codice di verifica del tratto (tutto con passo minimo, tutto calcolato, tutto non verificato), ma in ogni caso i tre tratti di staffatura vengono definiti. Unica eccezione alla metodologia di definizione indicata è quella in cui si fissa il passo raffittito (ossia quello previsto in *Lraff*) pari a 0.

Pilastri

Il controllo dei risultati della progettazione e delle verifiche delle travi si può eseguire con i comandi presenti nel menù *pilastri cls.t.a.* Sono disponibili i seguenti comandi:

Stato di progetto

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale

Coeff.Omega

Riporta il valore del coefficiente omega dell'elemento per gli effetti del II ordine

Tensioni cls max

Riporta le tensioni massime sul calcestruzzo

Tensioni cls med

Riporta le tensioni medie sul calcestruzzo

Tensioni acciaio

Riporta le tensioni massime sull'acciaio

Tau cls max

Riporta le tensioni tangenziali massime sul calcestruzzo

Inviluppo S.L.U.

Inviluppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni considerate per le verifiche agli S.L.U. Gli inviluppi tengono conto anche di quanto definito nei criteri di progetto

Diagramma Af

Mappa delle armature longitudinali delle travi, espresse in cm². Il diagramma sopra l'elemento d2 rappresenta l'armatura all'estradosso, il diagramma sotto l'armatura all'intradosso. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Rapporto Af

Mappa del rapporto tra l'armatura longitudinale e l'area della sezione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è compreso nei limiti definiti nei criteri di progetto.

Aree taglio-tors.

Mappa delle armature a scorrimento dovute al taglio ed alla torsione. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Isola non verificati

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Controllo puntuale dei risultati di un singolo elemento

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

Per i pilastri sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - o Stato pilastro: esito delle verifiche a pressoflessione sull'intero pilastro
 - Stato pilastro V: esito delle verifiche a taglio sull'intero pilastro
 - Stato sezione: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente
 - Stato sezione V: esito delle verifiche a pressoflessione nella sezione corrente

Per i messaggi di errore si veda il paragrafo Tabella dei codici di errore

- Armatura longitudinale:
 - Ferri di vertice: diametro dei ferri nei vertici della sezione
 - Ferri di lato (1): numero e diametro dei ferri sul lato 1 del pilastro. Il lato 1 è quello indicato dall'asse locale verde. Il numero di ferri è la somma dei ferri sul lato 1+ e lato 1-
 - Ferri di lato (2): numero e diametro dei ferri sul lato 2 del pilastro. Il lato 2 è quello indicato dall'asse locale blu. Il numero di ferri è la somma dei ferri sul lato 2+ e lato 2-
- Tensioni normali:
 - Max tens cls: riporta il valore della tensione massima sul calcestruzzo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - *Max tens acc*: riporta il valore della tensione massima sull'acciaio, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - *Max media cls*: riporta il valore della tensione media sul calcestruzzo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - o Tensioni per omega: valore del coefficiente omega e sollecitazioni euleriane
- Armatura trasversale:
 - L: lunghezza del tratto di staffatura, espressa in cm
 - staffe: numero di braccia, diametro e passo delle staffe. Tra parentesi sono indicati i ferri sagomati e l'armatura per torsione, espressi in cm²
- Tensioni tangenziali:
 - Max tau cls: riporta le tensioni tangenziali sul calcestruzzo, la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - Composizione tau: riporta le tensioni tangenziali scomposte nei singoli contributi, T è la torsione V è il taglio

Elementi D3

Il controllo dei risultati della progettazione e delle verifiche dei d3, sia orizzontali che verticali, si può eseguire con i comandi presenti nel menù *d3 cls.s.l.* Sono disponibili i seguenti comandi:

Stato di progetto

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale

Tensioni cls max

Riporta le tensioni massime sul calcestruzzo

Tensioni acciaio

Riporta le tensioni massime sull'acciaio

Tensioni cls med

Riporta le tensioni medie sul calcestruzzo

Tensione da V3

Riporta la mappa della massima tensione tangenziale. In ogni punto viene riportato il valore massimo della tensione derivante dalle azioni V13 e V23. Il messaggio *"Attenzione sono presenti elementi D3 per cui è necessaria armatura a taglio"* compare se tensione da V3 > tauC0. La **tensione da V3** è calcolata a partire dall'**Azione V** (sollecitazione) che è espressa in daN/cm e nel caso di verifica alle tensioni ammissibili indica il taglio per unità di lunghezza **divisa per 0.9*Hu dove Hu è l'altezza utile**. Si riporta un esempio: nelle immagini seguenti il valore massimo della sollecitazione è l'Azione V13, il copriferro è 3 cm, il diametro longitudinale è fi 16. Tensione da V3 = AzioneV13max / (spessore-copriferro-1/2 diametro longitudinale) = 1047.13/(80-3-0.8)=13.74 daN/cmq



Dir.armature

Indica la direzione in cui sono disposte le armature. L'asse rosso indica la direzione dell'armatura principale, l'asse verde indica la direzione dell'armatura secondaria

Af nodi

- Mappa Af nodi: riporta le armature presenti in corrispondenza dei nodi, espresse in cm^2/m
- *Mappa Af aggiuntiva*: riporta le armature aggiuntive rispetto alla maglia di base in corrispondenza dei nodi, espresse in cm²/m. Se il valore in mappa è zero significa che la maglia di base è sufficiente ai fini delle verifiche
- Valori Af 3-: mostra l'armatura principale (in rosso) e secondaria (in verde) presente sul lato 3dell'elemento
- Valori Af 3+: mostra l'armatura principale (in rosso) e secondaria (in verde) presente sul lato 3+ dell'elemento
- *Valori progetto*: riporta le azioni nei nodi che generano la massima tensione ideale. In altre parole indica lo stato tensionale dell'elemento
- Setta minimo: imposta un filtro per visualizzare solo i valori compresi all'interno di un intervallo stabilito dall'utente

Af princ. 3+

Armatura principale sul lato 3+ dell'elemento

Af princ. 3-

Armatura principale sul lato 3- dell'elemento

Af sec. 3+

Armatura secondaria sul lato 3+ dell'elemento

Af sec. 3-

Armatura secondaria sul lato 3- dell'elemento

Isola non verificati

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Controllo puntuale dei risultati di un singolo elemento

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

Per i pilastri sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - Stato d3: esito delle verifiche a pressoflessione sull'intero d3
 - Stato d3 V: esito delle verifiche a taglio sull'intero d3
 - Stato nodo: esito delle verifiche a pressoflessione nel nodo corrente

.

- Stato nodo V: esito delle verifiche a taglio nel nodo corrente
- Armatura longitudinale:
 - Riporta i dati relativi alle armature presenti nel nodo, espresse sia in cm² che in termini di diametro e passo dei ferri. Diametro e passo dipendono dalle indicazioni fornite dall'utente tramite criterio di progetto
- Tensioni normali:
 - *Max tens cls*: riporta il valore della tensione massima sul calcestruzzo e la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - *Max media cls*: riporta il valore della tensione media sul calcestruzzo e la combinazione più gravosa e le sollecitazioni di progetto
 - *Max tens acc*: riporta il valore della tensione massima sull'acciaio e la combinazione più gravosa

Capitolo 12

Progettazione elementi strutturali in muratura

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la definizione dei parametri di progetto e verifica degli elementi strutturali in muratura e per la visualizzazione dei risultati della progettazione. Verranno affrontati i seguenti aspetti e le seguenti procedure:

Progettazione elementi strutturali in muratura

- Progettazione elementi strutturali in muratura
- Definizione di un materiale tipo muratura
- Generazione del modello con elementi D3
- Generazione del modello a telaio equivalente
- Definizione dei criteri di progetto
- Esecuzione progettazione
- Controllo dei risultati delle verifiche
- Controllo dei risultati delle verifiche agli stati limite D.M.2018
- Controllo dei risultati delle verifiche agli stati limite D.M.2008
- Controllo dei risultati delle verifiche agli stati limite D.M.87
- Controllo dei risultati delle verifiche alle tensioni ammissibili D.M. 87
- Edifici esistenti: definizione degli interventi di rinforzo
- Edifici esistenti: verifiche degli elementi strutturali D.M.2018
- Edifici esistenti: verifiche degli elementi strutturali D.M.2008

Progettazione elementi strutturali in muratura

Quando vengono effettuate le analisi lineari il programma utilizza per la muratura un materiale elastico lineare ed indica gli elementi come **non verificati** se in combinazione lo sforzo normale risulta di trazione (si vedano il §2.2.2 del D.M. 87, il §7.8.2.2.1 del D.M. 2008 ed il §7.8.2.2.1 del D.M. 2018).

Quando vengono effettuate le analisi non lineari il programma utilizza per la muratura schematizzazione a telaio equivalente che prevede le modalità di rottura indicate al capitolo 24 relativo alle verifiche degli edifici esistenti.

La progettazione degli elementi strutturali in muratura, può essere effettuata con il metodo delle Tensioni Ammissibili (limitatamente alle condizioni non sismiche) o degli Stati Limiti (il calcolo sotto l'effetto delle azioni sismiche va effettuato "a rottura" pertanto agli SLU).

Per le verifiche degli edifici nuovi in muratura con il metodo semiprobabilistico agli stati limite è possibile fare riferimento alle seguenti normative:

- D.M. 17 gennaio 2018
- D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare C.S.LL.PP. 617 del 2 febbraio 2009
- D.M. 14 settembre 2005
- D.M. 20 novembre 1987

Per le verifiche degli edifici nuovi in muratura con il metodo delle tensioni ammissibili è possibile fare riferimento alle seguenti normative:

• D.M. 20 novembre 1987

Per le verifiche degli edifici esistenti in muratura è possibile fare riferimento alle seguenti normative:

- D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare C.S.LL.PP. 617 del 2 febbraio 2009
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003

Normative in uso			×
Cemento armato	Acciaio	Legno	Muratura
D.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018	D.M. 2018
C D.M. 2008	O D.M. 2008	C D.M. 2008	O D.M. 2008
C EC 2	C EC 3	O EC5	O D.M. 87
C D.M. 96	C CNR 10011	C REGLES C.B.71	O EC 6
	© ENV1993-1994		O D.M. 2005
	C AISC		
Avanzate	Avanzate	Avanzate	
Sismica		Resistenza al fuoco	
D.M. 2018	© D.M. 2005	Avanzate	
C D.M. 2008	🔿 Ordinanza 3274		
O EC 8	© D.M. 96		
□ Verifiche sismiche per edificio esistente	Avanzate		OK Annulla

Definizione di un materiale tipo muratura

La definizione di un materiale tipo muratura va fatta all'interno dell'archivio dei materiali a cui è possibile accedere con il comando *dati struttura* ► *materiali*

200	arede		
	Construct process register accurate		
	Definizione proprietà meter	ale Sportrutatara	
100	Strings identification	Mustavin mettori piesi e .	1 1
ç	Generalits Materiale existente		
1	Resistenze		
	Resisteurs 6	24.0 (duA/cm2)	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	Recisterou fulls	0.6 (daNiton2)	
	Resistence frik	12.0 (dell/rm2)	
I	Resistories fok	46.0 [daA(/cmil]	
L	Proprietà		
	Aso yealto	1.8000e-03 [#aN/cm3]	
	Ulistanione termica	1.000de-05 (1/C)	
	Distazione termica 2	1.0000e-05 (1/C)	
	Dilatazione termica 3	1.0000e-05_EVC1	
	Smorzamento	5.9	
	Costanti elastiche		
		Sector and a sector sector	

La muratura è definita dai seguenti parametri:

- *Materiale esistente*: consente di specificare se il materiale è esistente o meno. Nel caso il materiale sia esistente consente di specificare anche FC per il calcestruzzo e per l'acciaio dell'armatura
- *f*: resistenza a compressione verticale della muratura
- fv0: resistenza a taglio in assenza di sforzo normale della muratura
- *fh*: resistenza a compressione orizzontale della muratura (solitamente 0.5 * fm)
- *fb*: resistenza a compressione dei blocchi. La resistenza media a trazione dei blocchi fbtm viene automaticamente posta pari a 0.1 * fb
- *Elasto-plastico*: consente di definire un materiale elasto-plastico per la modellazione di elementi finiti tipo asta non lineare
- Muratura consolidata: solo per edifici esistenti. Consente di definire degli interventi di rinforzo
- Peso specifico: peso specifico della muratura
- Dilatazione termica: coefficiente di dilatazione termica alfa
- Smorzamento: coefficiente di smorzamento del materiale
- Modulo E: modulo elastico E nella direzione 1
- Poisson: coefficiente di Poisson nella direzione 1-2
- Modulo G: modulo di taglio nella direzione 1-2
- Ortotropo: se attiva consente di definire un materiale ortotropo
- Modulo E2: solo per materiali ortotropi. Modulo elastico E nella direzione 2
- Modulo E3: solo per materiali ortotropi. Modulo elastico E nella direzione 2
- Poisson 1-3 : solo per materiali ortotropi. Coefficiente di Poisson nella direzione 1-3
- Poisson 2-3 : solo per materiali ortotropi. Coefficiente di Poisson nella direzione 2-3
- Modulo G1-3: solo per materiali ortotropi. Modulo di taglio nella direzione 1-3
- Modulo G2-3: solo per materiali ortotropi. Modulo di taglio nella direzione 2-3
- Avanzate: parametri per l'analisi non lineare con solutore SAM

Per la definizione della resistenza del materiale si utilizza il valore caratteristico per gli edifici nuovi ed il valore medio per gli edifici esistenti

Se non viene definito il modulo G il programma lo calcola automaticamente con la formula: $G_m = \frac{E}{2(1+\nu)}$

Se l'utente indica manualmente E, G ed il coefficiente di Poisson il programma esegue un controllo sulla coerenza tra i tre parametri con la formula riportata sopra. Se i valori inseriti dall'utente non sono coerenti (ovvero se applicando la formula il valore di G ottenuto a partire da E e coefficiente di Poisson è diverso rispetto a quello inserito dall'utente) il programma considera automaticamente il materiale ortotropo.

Generazione del modello con elementi D3

Modellando la struttura con gli elementi D3 è possibile eseguire solamente analisi lineari.

Per generare un modello di una struttura in muratura con elementi D3 è consigliabile importare il disegno architettonico.

Una volta importato il disegno si possono creare gli elementi strutturali con il comando mesh d3 verticale



Come dati in ingresso vengono richieste le coordinate dei nodi di inizio e fine parete, inizio e fine apertura ed intersezione con le pareti ortogonali. È possibile indicare questi dati cliccando direttamente sul disegno. Le altre informazioni necessarie sono l'altezza della parete ed il numero di suddivisioni della mesh in orizzontale ed in verticale:

					44.0	R7 Hellingen		
Emaradia Persona di Spensor Manada Carea dan Laut Secara Naciona Naciona Naciona Naciona Naciona	P - #0 MAR (see) INC-method I (see) I (see and Second and				1944	(1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000) (1000)		
tenter-								
1.44.00	to participa	611 C	and a					
			granta most verblar					
		Arrods pec + (62) il Arrods per + (32) il degrammet + (32) il	preduces:-12011 (real-pri-12012 realities:-2	1100 pec - 0.1 erose opr - 0.1 ravet - 0.1				
		08	ter 1	P-11		Ĩ		
		100			30			
		1			1			
					57		1	
							1977	
								1
								14



Usando gli elementi shell la qualità del risultato dipende dal passo della mesh. In base a quanto riportato in letteratura nei vari testi che parlano di elementi finiti si suggerisce che il passo della mesh sia intorno agli 80 cm che è un buon compromesso tra affidabilità e velocità di calcolo.

Sulla mesh ottenuta è possibile utilizzare tutti i comandi di modifica, ad esempio *copia e trasla* per copiare il piano terra sul piano primo, oppure *stira nodo* o *stira box* per spostare uno o più nodi nel caso di aperture irregolari.

Per modellare il timpano è possibile utilizzare il comando *taglia*. Si devono selezionare gli elementi su cui agire, indicare di tagliare lungo la linea di colmo e cancellare gli elementi superflui, come nelle immagini seguenti:



Una volta completata la modellazione, durante il *check dati struttura*, il programma identifica automaticamente le macrostrutture raggruppando gli elementi strutturali che hanno lo stesso materiale, spessore, allineamento e criterio di progetto. I macrosetti vengono interrotti in corrispondenza dei solai.



È fondamentale che ogni macroelemento del modello di *PRO_SAP* coincida con un maschio o con una fascia di piano della struttura reale. Il motivo è che le sollecitazioni di progetto (azioni macro) dipendono dalla definizione dei macroelementi.

Si consiglia, prima di eseguire il *check dati struttura*, di definire un criterio di progetto con attiva l'opzione *verifica come fascia* e di assegnarlo agli elementi d3 che modellano le fasce di piano in modo che la definizione dei macroelementi automatica sia corretta. Per ulteriori informazioni su questa opzione e sui criteri di progetto in generale si vedano i paragrafi successivi.

Prima di passare al contesto di *assegnazione carichi* si consiglia di controllare la correttezza dei macroelementi del modello di calcolo, ovvero la loro corrispondenza con gli elementi della struttura reale. Per fare questo è sufficiente attivare la numerazione dei macroelementi con *preferenze* ► *numerazioni* ► *setti/piastre*. Se due elementi D3 hanno lo stesso numero appartengono allo stesso macroelemento. Nel caso la definizione automatica dei macroelementi non corrispondesse alla forma degli elementi della struttura reale è possibile intervenire manualmente con il comando *Modifica macroelementi* (per l'uso del comando si veda il capitolo 5 del manuale).

Generazione del modello a telaio equivalente

Modellando la struttura a telaio equivalente è possibile eseguire sia analisi lineari che analisi non lineari. Anche nel caso di modellazione a telaio equivalente si consiglia di partire da un disegno architettonico in formato DXF da importare in *PRO_SAP*.

Una volta importato l'architettonico il telaio equivalente si genera in questo modo:

- 9 individuare sull'architettonico una poligonale con 4 vertici che identifichi la posizione del primo maschio, dell'apertura e del secondo maschio (si veda ad esempio la figura successiva, punti 1-4); assegnando un poligonale con solo 2 vertici il programma realizzerà un muro privo di aperture.
- 10 Nel caso di incrocio con pareti ortogonali è necessario aggiungere due punti alla poligonale in modo da creare un nodo per collegare correttamente le due pareti ortogonali. È necessario cliccare due volte nella posizione dove i due muri ortogonali si incrociano, come se nel punto di incrocio ci fosse la fine di una parete e l'inizio di una nuova parete. Si consiglia di controllare nella finestra *Generazione muro con aperture* che il contatore sia avanzato di due posizioni.
- 11 introdurre l'altezza totale della muratura (Altezza tot.).
- 12 introdurre l'altezza della zona inferiore all'apertura (Altezza inf.); assegnando un valore pari a zero il programma realizzerà l'apertura corrispondente a una porta.
- 13 introdurre l'altezza della zona sopra all'apertura (Altezza sup.)
- 14 introdurre lo spessore della muratura (Spessore).
- 15 introdurre il valore percentuale dell'altezza del concio rigido (%Rigido alt.); assegnando un valore pari a 100 i conci rigidi avranno un'altezza pari ad "Altezza inf." e ad "Altezza sup."; assegnando un valore minore di 100 i conci rigidi saranno di altezza inferiore, aumentando in tal modo la deformabilità del telaio.



Utilizzando il generatore di telai il programma aggiunge in modo automatico all'archivio delle sezioni le sezioni trasversali necessarie per la definizione del telaio equivalente, assegnando a queste sia deformabilità flessionale che a taglio. Vengono aggiunti, inoltre, all'archivio dei materiali due materiali infinitamente rigidi: uno con lo stesso peso specifico della muratura (utilizzato per i tratti dei pilastri infinitamente rigidi) e uno con peso specifico nullo (utilizzato per i tratti delle travi infinitamente rigide).

Cenni di teoria

Un utile riferimento per la modellazione di strutture a telaio equivalente in muratura è il testo *Metodi semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura* del prof.Magenes da cui sono tratte le immagini seguenti che illustrano come viene creato il telaio equivalente per le strutture in muratura:



Fig. 13 - Schematizzazione a telato equivalente di una parete caricata nel piano.

Fig. 14 - L'elemento maschio murario.



Fig. 15 - Definizione dell'altezza efficace dei mazchi murari (Dolce, 1989).



Fig. 20 - Definizione della lunghezza efficace delle fasce.



Fig. 23 - Elemento maschio tridimensionale.



Fig. 24 - Scomposizione di un muro composto in maschi elementari.

Uso del modello a telaio equivalente per l'esecuzione di analisi statiche non lineari

Se si vogliono eseguire analisi non lineari è necessario indicare gli elementi strutturali in cui si ipotizza possano aprirsi le cerniere plastiche alle estremità.

Nelle proprietà degli elementi del modello di calcolo che rappresentano elementi strutturali dove si ritiene possano avvenire plasticizzazioni deve essere assegnata la tipologia *Trave non lineare*:

Edita proprieta 02	a 🖬
20 15 af af 3 - 11	
🖶 Generalità	
Bamento Spo	- Taxe non lineard
Sadote	[14] Rettangolariz b=35.00 h =200.00
Rotazione	90.0 [gradi]
Materiale	[172] munitura E = 2.000e+04
Criterio di progetto	[1] Otterio di progetto maschi
Filo fisso - planta	elemento in aspe
Fila fisso - seziane	elemento in asse
Layer	(8) Muratum da generatore
Partensione	0.0 [deN/cm2]
🗏 Caratteristiche limite	
🗄 Tratto iniziale	
Aggiomamento consentito	
M3 negativo	0.0 jdaN cm j
M3 positivo	0.0 (deN cm)
M2	0.0 [daN cm]
42	0.0 [daN]
V3	0.0 [deN]
Tratto finale	
Aggiornamento consentito	
M3 negativo	0.0 (deN cm)
M3 positivu	0.0 [deN cm]
MZ	0.0 [deN cm]
¥2	0.0 (deN)
¥3	0.0 [deN]
Aggiomamento automatico	



Solo gli elementi che hanno assegnato un materiale tipo muratura possono avere la proprietà di trave non lineare. Gli elementi infinitamente rigidi del telaio equivalente sono labili nel caso venga loro assegnata la proprietà di trave non lineare.

Per ulteriori dettagli sull'esecuzione delle verifiche tramite analisi statica non lineare di strutture in muratura si faccia riferimento al capitolo 24 del manuale.
Definizione dei criteri di progetto

Per eseguire le verifiche sugli elementi strutturali in muratura è necessario definire i criteri di progetto. È possibile accedere alla *Tabella dei criteri di progetto* con i comandi: *Dati struttura* ► *Criteri di progetto* oppure *Dati di progetto* ► *Criteri di progetto*, a seconda che si operi nel contesto di *Introduzione dati* o in quello di *Assegnazione dati di progetto*.

abella dei criteri di progetto	
Pareti c.a. Gusci c.a. Travi c.a. Pilastri acc. Travi acc.	Pilastri c.a.Solai e pannelliAste acc.MuraturaLegnoXLAM
Lunghezze libere	
Altezza interpiano	0.0 [cm]
Rho	0.85
	0.0
Generalita	0.0
	0.0
	0.0
Media valori per quota	
Verifice come faceia	
riterio di progetto maschi	
Copia Incolla Applica	Annulla Esci 1

Nella tabella dei criteri di progetto per le murature sono disponibili le seguenti opzioni:

- Altezza interpiano: interasse tra i solai. Questo dato viene utilizzato per il calcolo della snellezza della parete. Nel caso di interpiani di altezza differente devono essere definiti più criteri di progetto ed assegnati ai corrispondenti elementi. Se si lascia 0 l'altezza di interpiano viene calcolata automaticamente dal programma in base all'altezza dei macroelementi.
- *Rho*: fattore di vincolo laterale (vedi tabella 4.5.IV del D.M.2018)
- Snellezza limite: consente di imporre il valore della snellezza limite (vedi §4.5.4 e tabella 7.8.1 del D.M.2018). Lasciando il valore 0, il programma adotta in modo automatico il valore 10. Se la snellezza supera il valore limite impostato nel criterio di progetto, non verranno eseguite le verifiche (l'elemento si può già considerare non verificato per eccessiva snellezza)
- Gamma non sismico: coefficiente parziale di sicurezza sul materiale (γM) usato per le verifiche nelle combinazioni senza sisma (vedi tabella 4.5.II del D.M.2018). Nel caso si lasci il valore zero il programma assume automaticamente 3 per le verifiche con il metodo agli stati limite e 5 per le verifiche con il metodo alle tensioni ammissibili
- Gamma sismico: coefficiente parziale di sicurezza sul materiale (γM) usato per le verifiche nelle combinazioni senza sisma (vedi §7.8.1.1 del D.M.2018). Nel caso si lasci il valore zero il programma

assume automaticamente 2 per le verifiche secondo il D.M.2008 e le OPCM 2374, 1 per le verifiche secondo il D.M.96 di edifici esistenti con il metodo agli stati limite

- *Tolleranza azioni*: consente di assegnare un valore di tolleranza (espresso in daN/cmq) tale per cui se in una combinazione accade che sia N_{memb}/A che V_{memb}/A sono minori della tolleranza, allora la combinazione viene scartata dalle verifiche. Se si assegna il valore 0 (default) il programma effettua le verifiche in tutte le combinazioni di calcolo definite.
- Media valori per quota: esegue le verifiche utilizzando i valori globali delle sollecitazioni. Per avere le verifiche globali sui maschi è necessario spuntare questa opzione. Se l'opzione è attiva le verifiche sono eseguite considerando le "azioni macro" (figura di sinistra). Se l'opzione non è attiva, le verifiche sono eseguite considerando le tensioni locali (figura di destra).



- *Media valori per elemento*: esegue le verifiche in corrispondenza del baricentro di ciascuna riga di elementi D3. Se l'opzione non è attiva le verifiche sono eseguite in corrispondenza dei nodi.
- Verifica come fascia: se l'opzione è attiva sull'elemento vengono eseguite le verifiche previste per le travi in muratura. Nota: il D.M. 87 non prevedeva verifiche per le travi, quindi il programma non effettua nessun calcolo se la normativa è il D.M. '87 e si attiva questa opzione.
- Usa formula [7.8.3]: per gli edifici esistenti verificati secondo il D.M.2008. Se attiva la resistenza a taglio della muratura esistente viene calcolata con la formula 7.8.3 del D.M. 2008 (quella prevista per gli edifici nuovi). Se l'opzione non è attiva la resistenza a taglio della muratura esistente viene calcolata con la formula 8.7.1.1 della circolare 617/2009.

Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali

Per assegnare ad uno o più elementi un criterio di progetto è necessario operare nel seguente modo: 5. Selezionare gli elementi a cui si desidera assegnare il criterio di progetto

- Premere il tasto destro del mouse per visualizzare il menu a puntatore ed usare il comando Setta Riferimento
- 7. Nella *Tabella delle proprietà* selezionare il criterio di progetto che si desidera assegnare agli elementi selezionati
- 8. Cliccare con il tasto destro del mouse in un punto qualsiasi della finestra grafica di *PRO_SAP* per visualizzare il menu a puntatore ed usare il comando *Assegna Criterio*

Copia proprietà di riferimento D3 🛛 🛛 🕂							
🏥 🛛 📝 🖌 🚽 💭							
Generalità							
Elemento tipo	길 Shell						
Spessore	35.0 [cm]						
Materiale	[12] muratura E = 2.000e+04						
Criterio di proget	[2] Criterio di progetto travi in muratura						
Layer	Layer 0						
Svincolo	Non previsto						
Filo fisso	elemento in asse						
Interazione terren	Interazione terreno						
Fondazione (f							
K terr. vert.	0.0 [daN/cm3]						
K terr. oriz.	0.0 [daN/cm3]						



Nel caso la muratura sia stata modellata con gli elementi D3 si consiglia di definire ed assegnare i criteri di progetto nel contesto di *Introduzione dati* in modo che il *check dati struttura*, in fase di definizione dei macroelementi, distingua maschi murari e fasce di piano.

Esecuzione progettazione

Per la progettazione degli elementi strutturali è necessario:

- 6. Definire le Combinazioni (se non sono state definite le combinazioni di carico, i comandi non sono attivi)
- 7. Definire i Criteri di progetto
- 8. Assegnare il criterio di progetto agli elementi strutturali
- 9. Selezionare gli elementi che si desiderano progettare
- 10. Usare il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Stati limite* oppure *Tensioni ammissibili* a seconda del metodo di verifica scelto e delle combinazioni di calcolo definite. In alternativa è possibile cliccare con il tasto destro in un punto qualsiasi della finestra grafica di *PRO_SAP* per far comparire il menù a puntatore ed usare il comando *Esecuzione progettazione* ► *Stati limite* oppure *Tensioni ammissibili ammissibili*

Controllo dei risultati delle verifiche

Una volta eseguite le verifiche il controllo dei risultati avviene tramite i seguenti comandi:

Muratura t.a.: permette di controllare i risultati delle verifiche degli elementi in muratura eseguite con il metodo delle tensioni ammissibili

Muratura s.l. : permette di controllare i risultati delle verifiche degli elementi in muratura eseguite con il metodo degli stati limite

Controlla: permette di accedere alla *Finestra di controllo generale* per controllare i risultati delle verifiche relativi al singolo elemento ed i dettagli

Controllo dei risultati delle verifiche agli Stati Limite - D.M.2018

Tutte le mappe relative alle verifiche degli elementi strutturali riportano il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza. Salvo dove espressamente indicato la verifica è da intendersi soddisfatta se il valore in mappa è ≤ 1 .

Per il controllo dei risultati delle verifiche secondo il D.M.2018 sono disponibili i seguenti comandi:

- *Stato di progetto*: permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - o colore giallo elementi non progettati
 - o colore ciano elementi progettati e verificati
 - o colore rosso elementi progettati e non verificati
 - o colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale
- *Verifica N-Mo (4.5.5 no sis.)*: verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari per i soli carichi statici (formula 4.5.4)
- *Verifica N-Mo* (7.8.2.2.3): verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari per le combinazioni con il sisma (§7.8.2.2.3 D.M.2018)
- *Verifica N-Mp* (7.8.2.2.1): verifica a pressoflessione nel piano dei maschi murari sia per soli carichi statici che per carichi sismici (§7.8.2.2.1 D.M.2018)
- *Verifica V* (7.8.2.2.2): verifica a taglio dei maschi murari sia per soli carichi statici che per carichi sismici (§7.8.2.2.2 D.M.2018)
- *Verifica* V (7.8.4): verifica a taglio delle travi in muratura sia per soli carichi statici che per carichi sismici (§7.8.2.2.4 D.M.2018)
- *Verifica M* (7.8.5): verifica a flessione delle travi in muratura sia per soli carichi statici che per carichi sismici (§7.8.2.2.4 D.M.2018)
- *Snellezza*: riporta i valori della snellezza delle pareti in muratura. Se il valore della snellezza risulta superiore al limite previsto nel criterio di progetto la parete risulta non verificata
- *Eccentricità N-Mo*: riporta i valori dell'eccentricità considerando il massimo tra e1 ed e2 e dividendo il valore per lo spessore della muratura. Se il valore in mappa risulta <= 0.33 la verifica è soddisfatta
- Sospendi: chiude le mappe relative alle verifiche

Se la snellezza del pannello murario supera la snellezza limite le mappe di colore non sono disponibili.

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

I risultati sono diversi a seconda che l'elemento sia verificato come maschio o come fascia.

Per i maschi murari sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - o Stato muro N-Mo: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano ai carichi statici
 - o Stato muro N-Mp sis: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano
 - Stato muro V: esito delle verifiche a taglio
 - o Stato muro N-Mo sis: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano con il sisma
 - o Snellezza: snellezza del maschio murario
- *Verifica N-Mo*: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano ai soli carichi statici. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Eccentricità massima diviso lo spessore della muratura
 - o Coefficiente di riduzione della resistenza del materiale (tabella 4.5.III del D.M.2018)
- *Verifica N-Mp*: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - Tensione di compressione (sforzo normale diviso l'area della sezione del maschio)
 - o Resistenza a pressoflessione (momento ultimo, formula 7.8.2 del D.M.2018)
- Verifica sismica V: esito delle verifiche a taglio. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - Tensione di compressione sull'area compressa (sforzo normale diviso l'area compressa della sezione del maschio)
 - o Lunghezza della zona compressa della sezione
- *Verifica sismica N-Mo*: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano con il sisma. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - Tensione di compressione sull'area compressa (sforzo normale diviso l'area compressa della sezione del maschio)
 - o Lunghezza della zona compressa della sezione

Il cursore consente di controllare i risultati nei nodi dell'elemento D3.

Per le fasce di piano sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - Stato trave muratura M: esito delle verifiche a flessione
 - Stato trave muratura V: esito delle verifiche a taglio
- Verifica M: esito delle verifiche a flessione. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato

- Combinazione di calcolo più gravosa
- Resistenza a flessione (momento ultimo, formula 7.8.5 del D.M.2018)
- Verifica V: esito delle verifiche a taglio. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - Resistenza a taglio (formula 7.8.6 del D.M.2018)
 - Resistenza a taglio (formula 7.8.4 del D.M.2018)

Il cursore consente di controllare i risultati nei nodi dell'elemento D3.

Controllo dei risultati delle verifiche agli Stati Limite - D.M.2008

Le verifiche richieste dal D.M. 2008 sono le stesse già descritte per il D.M. 2018. I simboli usati in *PRO_SAP* nei comandi per il controllo dei risultati secondo le due normative sono gli stessi. Quindi, per brevità, si omette la descrizione dei risultati secondo il D.M.2008.

Il riferimento normativo è il §4.5.6.2 del D.M.2008 per quanto riguarda le verifiche ai soli carichi statici dei maschi murari ed i §7.8.2.2.1; §7.8.2.2.2 e §7.8.2.2.3 del D.M.2008 per le verifiche in condizioni sismiche. Per quanto riguarda le verifiche delle travi di accoppiamento il riferimento normativo è il §7.8.2.2.4 del D.M.2008.

Controllo dei risultati per la progettazione agli Stati Limite – D.M. '87

Tutte le mappe relative alle verifiche degli elementi strutturali riportano il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza. Salvo dove espressamente indicato la verifica è da intendersi soddisfatta se il valore in mappa è ≤ 1 .



Il D.M. 87 non prevede verifiche per le travi in muratura. Di conseguenza *PRO_SAP* non può eseguire calcoli sugli elementi che hanno assegnato un criterio di progetto con attiva l'opzione *Verifica come fascia* se la normativa è il D.M.87

Per il controllo dei risultati delle verifiche secondo il D.M.87 con il metodo agli stati limite sono disponibili i seguenti comandi:

- *Stato di progetto*: permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - o colore giallo elementi non progettati
 - o colore ciano elementi progettati e verificati
 - o colore rosso elementi progettati e non verificati
 - Colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale
- Verifica N-Mo: verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari (§2.4.2.2 del D.M.87)
- Verifica N-Mp: verifica a pressoflessione nel piano dei maschi murari (§2.4.2.3.1 D.M.87)
- Verifica V: verifica a taglio dei maschi murari (§2.4.2.3.2 D.M.87)
- *Snellezza*: riporta i valori della snellezza delle pareti in muratura. Se il valore della snellezza risulta superiore a 20 la parete risulta non verificata (§2.2.1.3 D.M.87)
- Eccentricità N-Mo: riporta i valori dell'eccentricità considerando il massimo tra e1 ed e2 e dividendo il valore per lo spessore della muratura. Se il valore in mappa risulta <= 0.33 la verifica è soddisfatta (§2.2.1.2 D.M.87)
- Eccentricità N-Mp: riporta i valori di 6eb/B per il controllo dell'eccentricità nel piano mediano del muro della risultante dei carichi verticali. Nella verifica a pressoflessione, l'azione flettente delle forze orizzontali determina sollecitazioni nei muri che si sommano a quelle indotte dai carichi verticali (§2.4.2.3.1 D.M.87). Se il valore in mappa risulta <= 2.0la verifica è soddisfatta
- Sospendi: chiude le mappe relative alle verifiche

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - Stato muro N-Mo: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano
 - *Stato muro N-Mp*: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano
 - Stato muro V: esito delle verifiche alle tensioni tangenziali
 - *Snellezza*: snellezza del maschio murario

- *Verifica N-Mo*: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Eccentricità massima diviso lo spessore della muratura
 - Coefficiente di riduzione della resistenza del muro (§2.2.2 del D.M.87)
- Verifica N-Mp: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Eccentricità massima diviso lo spessore della muratura
 - Coefficiente di riduzione della resistenza del muro (§2.4.2.2 del D.M.87)
 - o 6*eb/B
 - Coefficiente di riduzione della resistenza valutato per l'eccentricità longitudinale (§2.4.2.3 D.M.87)
- Verifica V: esito delle verifiche a taglio. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - Tensione di compressione sull'area compressa (sforzo normale diviso l'area compressa della sezione del maschio)
 - Coefficiente di parzializzazione della sezione (§2.4.3.2 del D.M.87)
- Valori massimi eccentricità: valori massimi delle eccentricità dei carichi. Tra i dettagli sono riportati:
 - o II massimo dei due rapporti e1/t ed e2/t dove t è lo spessore del muro
 - Combinazione di calcolo più gravosa per il rapporto
 - o 6*eb/t
 - Combinazione di calcolo più gravosa per 6*eb/t

Il cursore consente di controllare i risultati nei nodi dell'elemento D3.

Controllo dei risultati per la progettazione alle tensioni ammissibili – D.M. 87

Tutte le mappe relative alle verifiche degli elementi strutturali riportano il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza. Salvo dove espressamente indicato la verifica è da intendersi soddisfatta se il valore in mappa è ≤ 1 .



Il D.M. 87 non prevede verifiche per le travi in muratura. Di conseguenza *PRO_SAP* non può eseguire calcoli sugli elementi che hanno assegnato un criterio di progetto con attiva l'opzione *Verifica come fascia* se la normativa è il D.M.87

Per il controllo dei risultati delle verifiche alle tensioni ammissibili secondo il D.M.87 sono disponibili i seguenti comandi:

- *Stato di progetto*: permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - o colore giallo elementi non progettati
 - o colore ciano elementi progettati e verificati
 - o colore rosso elementi progettati e non verificati
 - Colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale
- Verifica N-Mo: verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari (§2.4.1.1 del D.M.87)
- Verifica N-Mp: verifica a pressoflessione nel piano dei maschi murari (§2.4.1.2.1 D.M.87)
- Verifica V: verifica a taglio dei maschi murari (§2.4.1.2.2 D.M.87)
- *Snellezza*: riporta i valori della snellezza delle pareti in muratura. Se il valore della snellezza risulta superiore a 20 la parete risulta non verificata (§2.2.1.3 D.M.87)
- Eccentricità N-Mo: riporta i valori dell'eccentricità considerando il massimo tra e1 ed e2 e dividendo il valore per lo spessore della muratura. Se il valore in mappa risulta <= 0.33 la verifica è soddisfatta (§2.2.1.2 D.M.87)
- Eccentricità N-Mp: riporta i valori di 6eb/B per il controllo dell'eccentricità nel piano mediano del muro della risultante dei carichi verticali. Nella verifica a pressoflessione, l'azione flettente delle forze orizzontali determina sollecitazioni nei muri che si sommano a quelle indotte dai carichi verticali (§2.4.1.2.1 D.M.87). Se il valore in mappa risulta <= 1.30 la verifica è soddisfatta
- Sospendi: chiude le mappe relative alle verifiche

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - Stato muro N-Mo: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano
 - Stato muro N-Mp: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano
 - Stato muro V: esito delle verifiche alle tensioni tangenziali
 - Snellezza: snellezza del maschio murario

- *Verifica N-Mo*: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Eccentricità massima diviso lo spessore della muratura
 - Coefficiente di riduzione della resistenza del muro (§2.2.1.4 del D.M.87)
- *Verifica N-Mp*: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Eccentricità massima diviso lo spessore della muratura
 - Coefficiente di riduzione della resistenza del muro (§2.2.1.4 del D.M.87)
 - o 6*eb/B
 - Coefficiente di riduzione della resistenza valutato per l'eccentricità longitudinale (§2.4.1.2.1 D.M.87)
- Verifica V: esito delle verifiche a taglio. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - Tensione di compressione sull'area compressa (sforzo normale diviso l'area compressa della sezione del maschio)
 - Coefficiente di parzializzazione della sezione (§2.4.1.2.2 del D.M.87)
- Valori massimi eccentricità: valori massimi delle eccentricità dei carichi. Tra i dettagli sono riportati:
 - o Il massimo dei due rapporti e1/t ed e2/t dove t è lo spessore del muro
 - o Combinazione di calcolo più gravosa per il rapporto
 - o 6*eb/t
 - Combinazione di calcolo più gravosa per 6*eb/t

Il cursore consente di controllare i risultati nei nodi dell'elemento D3.

Edifici esistenti: definizione degli interventi di rinforzo

PRO_SAP consente di verificare sia edifici nuovi che edifici esistenti in muratura.

Per gli edifici esistenti il programma consente, se necessario, di progettare interventi di rinforzo.

Per quanto riguarda gli interventi che vanno a migliorare le caratteristiche meccaniche dei singoli elementi strutturali in *PRO_SAP* sono attualmente disponibili:

- Iniezioni di miscele leganti
- Intonaco armato
- Diatoni artificiali
- Fibrorinforzi

Per le istruzioni sulla definizione e l'applicazione agli elementi strutturali degli interventi di rinforzo su edifici in muratura e per l'esecuzione ed il controllo dei risultati delle verifiche si faccia riferimento al capitolo 24: *Verifica edifici esistenti.*

Capitolo 13

Progettazione elementi strutturali in legno

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la definizione dei parametri di progetto e verifica degli elementi strutturali in legno e per la visualizzazione dei risultati della progettazione.

- Progettazione e verifica di elementi strutturali in legno e XLAM Materiale legno
 Modellazione di pannelli XLAM in PRO_SAP
 Catalogo dei pannelli XLAM
 Stratigrafia dei pannelli XLAM
 Assegnazione delle proprietà di pannelli XLAM ad elementi D3
 Assegnazione delle proprietà di pannelli XLAM ad elementi solaio
 Considerazioni sull'implementazione dei pannelli XLAM
 Verifiche strutturali di pannelli XLAM
- Progettazione secondo il metodo delle Tensioni Ammissibili Regles Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali Esecuzione progettazione alle Tensioni Ammissibili
- · Controllo dei risultati per la progettazione con le Tensioni Ammissibili
- Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento in legno per progettazione alle Tensioni Ammissibili
- Progettazione secondo il metodo degli Stati Limite Eurocodice 5 e DM'08
- Definizione dei criteri di progetto Criterio di progetto per gli elementi in legno Criterio di progetto per pannelli XLAM Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali

Esecuzione progettazione

- Controllo dei risultati per la progettazione con gli stati limite
- Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento in legno per progettazione con EC5
- Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento XLAM per progettazione con EC5
- Controllo dei risultati relativi ad un solaio XLAM
- Analisi di resistenza al fuoco di una sezione in legno Definizione proprietà della sezione in legno Definizione proprietà del materiale

Progettazione e verifica di elementi strutturali in legno e XLAM

La progettazione degli elementi strutturali in legno, può essere eseguita con il metodo delle Tensioni Ammissibili, secondo le Regles e con il metodo degli Stati Limite previsto dal DM'08 e dall'Eurocodice 5.

Le verifiche strutturali per la progettazione di *pannelli XLAM*, invece, da effettuarsi dopo la progettazione agli S.L.U., sono condotte in ottemperanza alle NTC 14 Gennaio 2008, seguendo anche le indicazioni riportate nella norma tecnica UNI EN 1995-1-1:2005 "Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici" e nella norma tedesca DIN 1052 (D) - 2008. Inoltre, ulteriori informazioni sono reperibili nel documento dell'Università di Monaco "Teilprojekt 15 – TP 15 Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen".

Ad ogni elemento strutturale viene associato un criterio di progetto; il criterio di progetto è una delle proprietà dell'elemento; grazie al criterio di progetto è possibile controllare tutti i parametri di progettazione e verifica degli elementi. Gli elementi sono progettati in base alle combinazioni dei casi di carico.

Definizione proprieta' materiale tipo legno

Report at = 102.0

Resist # = 117.0

Peso spec. + [0.0008

Modulo E1 = 1 1600e-15

Elen plantco - No

Poisson 1 = 0.0

V Brimminni- 110

Madulo G = ADECO D



Materiale legno

Per il materiale di tipo legno, nella finestra *Definizione proprietà materiale tipo legno*, sono riportati parametri diversi in funzione della normativa in uso (EC5 o Regles):

- *Resist. sc* (utilizzato per la progettazione alle T.A.-Regles) Resistenza di calcolo di compressione assiale alle fibre;
- Resist. st (utilizzato per la progettazione alle T.A.-Regles) Resistenza di calcolo di trazione assiale alle fibre;
- Resist. sf (utilizzato per la progettazione alle T.A.-Regles) Resistenza di calcolo assiale alle fibre per flessione;
- *Resist. tau* (utilizzato per la progettazione alle T.A.-Regles) Resistenza di calcolo a taglio ortogonale e parallela alle fibre;
- *Resist fc0k* (utilizzato per la progettazione agli SLU) Resistenza caratteristica di compressione assiale alle fibre;
- Resist ft0k (utilizzato per la progettazione agli SLU) Resistenza caratteristica di trazione assiale alle fibre;
- Resist. fmk (utilizzato per la progettazione agli SLU) Resistenza caratteristica per flessione;
- *Resist. fvk* (utilizzato per la progettazione agli SLU) Resistenza caratteristica a taglio;
- Peso spec. Peso specifico del materiale (Gamma);
- *Coeff. Alfa* Coefficiente di dilatazione termica del materiale;
- Elas. plastico (opzione attiva per elementi D2) Opzione di attivazione del materiale per aste non lineari.
- Lamellare Opzione che consente di effettuare le verifiche con le formulazioni per il legno lamellare (*);
- *Modulo E1, Modulo E2:* Modulo di elasticità normale medio (per elementi D2 assegnare E1=E2, per elementi D3 i due moduli possono differire);
- *Poisson 1, Poisson 2:* Coefficiente di Poisson (per elementi D2 assegnare 1=2, per elementi D3 i due coefficienti possono differire);
- Modulo G: Modulo di elasticità tangenziale medio;
- *Modulo E,05/Emed* (utilizzato per la progettazione agli SLU) Modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5% diviso per il modulo di elasticità normale medio;
- *V Bn [mm/min]* Velocità di carbonizzazione della sezione sottoposta all'incendio espresso in mm al minuto;
- Inc. dinam incremento dinamico. Se differente da 1 viene utilizzato per l'analisi dinamica.



Benet. at + [52.0

Resist. tau = 15.0

Lemellers = (Ne Modulo E2 = (1 1500e+05

Poisson Z + 0.0

Inc. dram. + 10

DK.

Coeff. of a + 1.0000e-05

Esci

33

(*) Lamellare → si Opzione per la non applicazione del coefficiente di riduzione al modulo di resistenza flessionale per sezioni rettangolari, nel caso di progetto con le Tensioni Ammissibili-Regles;

(*) Lamellare \rightarrow si Opzione per modificare il coeff. β delle formule 6.25 e 6.26 di EC5 e 4.4.15 e 4.4.16 di DM'08 (che passa da 0.2 a 0.1) per le verifiche a presso flessione e svergolamento; l'opzione ha effetto anche sul valore di kmod (tabella 3.1 di EC5 e tab 4.4.1V di DM'08),nel caso di progetto con gli Stati Limite;

Modellazione di pannelli XLAM in PRO_SAP

La modellazione dei pannelli XLAM in PRO_SAP avviene attraverso la generazione dell'archivio dei pannelli e l'assegnazione delle loro caratteristiche geometriche e meccaniche. La tecnologia XLAM può essere adottata per *gusci, pareti* o *solai*. Il programma consente la modellazione di pannelli (formati da strati incollati) con un numero di strati dispari anche di diverso spessore. Gli strati sono costituiti da materiale non necessariamente uguale; le tavole possono o meno essere incollate lungo il lato lungo. Una volta completato il modello è possibile quindi eseguire le analisi e, nel contesto visualizzazione risultati, effettuare le verifiche strutturali in accordo alle disposizione normative specificate in precedenza.

Catalogo dei pannelli XLAM

Dal contesto introduzione dati attraverso il comando **dati struttura** \rightarrow **Pannelli XLAM** è possibile inserire l'archivio dei pannelli XLAM.

			The set of set the balance of the				1.00	
D	Sigla	N. stati	Coeff. di sistema	Dim. tavola O	Dire tavola 1	nask ji	(oiggelioon	Latincelat
1	XLAM tips 1	5	1	10	10	25		No
2	SLAM tipo 2	5	1	10	10	25		No
.0.	ADAM (pol)	0	1	100	10	- 23		NO.
				1 - Valoti suggett	per la modella	2006		
1	i horidat		lungiRinucvi	J - Valoi suggett Spessole:	per la modèle 16.3	azione Pesa spi	0.0	-
1	arten (* Joneralar		lungi Rinucvi Rinucvi luto	↓ - Valori suggett Spessore: Materiale:	per la modèle 163	adone Pesa spi	0.0	-
and the second value of th	and P. Monthly		Rimuevi Rimuevi luto	- Valori suggett Spesaore: Materiale:	pet la modèle 16.3 E1 eq	adone Pesa sp. E2 eq	DD G 4q	-
	and P. Montality	Δου 1	iungi Rimucol Rimucol lutto	- Valori suggett Spessore: Materiale: Gusci e solai	pet la modèli 16.3 E1 eq 196763 5	2001e Peso spi E2 eq (11236.5	(0.0 G eq (346.3	- Ascepte a
	and a low state	Δ _{sp}	iung Rimucvi Rimucvi lutes	」 - Valori suggett Spessore: Materiale: 」 Guscie solai	per la modella [16:3 E1 eq [96763:5 E2 eq	52000 Pesolspi E2.eq [11236.5 E1.eq	0.0 G eq (346.3 G eq	Assegme as
		Agy	iungi Rimucvi Rimucvi lutto Improte stategaries	- Valori suggett Spessore: Materiale: Gusci e solai Pareli	pet la modèli 16.3 E1 eq 96263.5 E2 eq 91.656.4	20049 Pesosp E2.eq [11236.5 E1.eq [28343.6	0.0 G eq (346.3 G eq (1725.0	Assegna a
			iung Rinucol Rinucol lutto Impacto dictografos	- Valori suggetti Spesaore: Materiale: Gusci e solai Pareli [50] XLAH gi	pet la modèli [16.3 E1 eq [96763.5 E2 eq [81.656.4 Issi	adone Peso sp E2 eq 11236.5 E1 eq 28343.6	0.0 G éq (946.3 G éq (1725.0	Assegna a
			lung Rimucvi Rimucvi luto Importe metganies L]-em ; (F]-daN	 J - Valori suggetti Spessore: Materiale: Gusci e solai Pareli [IS0] XLAN gu ₩ Ublicza pe 	pet la modella [16:3 E1 eq [96263:5 E2 eq [81656:4 isti mil patenale ij	52016 Pesosp E2 eq [11236.5 E1 eq [28343.6	0.0 G eq (346.3 5 eq (1725.0	Assegne a Assegne a

Nella finestra "**Catalogo pannelli XLAM**" è possibile assegnare una o più tipologie di pannelli e la relativa stratigrafia. In particolare, per ogni tipologia di pannello occorre specificare i seguenti parametri:

- *ID:* numero progressivo del tipo di pannello (valore non modificabile);
- Sigla: nome del pannello (nome modificabile);
- N. strati: numero degli strati del pannello (valore non modificabile);
- **Coeff. di sistema:** coefficiente sistemico (valore modificabile) da moltiplicare alla resistenza a flessione. Per maggiori dettagli si rimanda a EC5, paragrafo 6.6;
- Dim. tavola 0: dimensione della tavola lungo la direzione 0 (valore modificabile);
- Dim. tavola 1: dimensione della tavola lungo la direzione 1 (valore modificabile);

- ftor,k (incollaggio): resistenza caratteristica a torsione (valore modificabile);
- **Strati incollati:** opzione necessaria per specificare se le tavole sono incollate lungo il lato lungo (opzione modificabile).

Sono inoltre disponibili i seguenti comandi:

- Aggiungi: consente di inserire una nuova stratigrafia;
- *Rimuovi:* consente di eliminare la stratigrafia corrente;
- Rimuovi tutto: consente di eliminare l'intero archivio stratigrafia;
- Imposta stratigrafia: consente di accedere alla finestra per la definizione della stratigrafia;
- **Assegna a:** consente di assegnare i valori dei moduli di elasticità e di taglio equivalenti di gusci, solai e pareti ad un materiale di tipo *Legno* nell'archivio dei materiali.

Nella cornice Valori suggeriti per la modellazione sono invece specificati:

- **Spessore:** spessore totale del pannello XLAM; tale valore va assegnato manualmente agli elementi D3 impiegati per la modellazione della struttura in esame;
- Peso sp: peso specifico del pannello;
- *E1 eq*, *E2 eq*, *G eq per Gusci e solai:* individuano rispettivamente i valori dei moduli di elasticità e di taglio equivalenti del pannello da assegnare a gusci e solai;
- *E1 eq, E2 eq, G eq per Pareti:* individuano rispettivamente i valori dei moduli di elasticità e di taglio equivalenti del pannello da assegnare a pareti.
- Utilizza per il materiale i parametri ortotropi: consente di utilizzare i parametri ortotropi definiti nella cornice.

Per assegnare i valori suggeriti per la modellazione ad un materiale di tipo *Legno* nell'archivio dei materiali occorre seguire i seguenti passi:

- 1. Selezionare l'ID della stratigrafia che si desidera assegnare;
- 2. Selezionare il materiale dell'archivio che si desidera aggiornare;
- 3. Cliccare il comando **Assegna a** per Gusci e solai nel caso si voglia assegnare il materiale a gusci o a solai;
- 4. Cliccare il comando Assegna a per Pareti nel caso si voglia assegnare il materiale a pareti.

Stratigrafia dei pannelli XLAM

Cliccando sul numero progressivo del pannello nel catalogo dei pannelli XLAM, viene attivato il comando "**Imposta stratigrafia**", che permette di definire le caratteristiche geometriche e meccaniche di ogni strato.

oled	Materiale	Spearce	EØ	00	E90	690	fc8 k	#0K	IMD K.	150 K	k90k	190 k	holk	Perio
1 2 3 4 5		420 210 370 210 420	110000.00 110000.00 110000.00 110000.00 110000.00	6900.00 6900.00 6900.00 6900.00 6900.00	3700.00 3700.00 3700.00 3700.00 3700.00	690-00 690-00 690-00 690-00 690-00	14530 14530 14530 14530 14530	96.90 96.90 96.90 96.90	166,10 165,10 166,10 166,10 166,10	1380 1380 1380 1380 1380	13,80 13,80 13,80 13,80 13,80	277 277 277 277 277 277 277	6 90 6 90 6 90 6 90 6 90	0.0005 0.0005 0.0005 0.0005
	a Br	muovi	Bim	iove tufto	1								Applica	brack

Di seguito vengono elencati e descritti i vari parametri:

- Strato: numero progressivo dello strato (valore non modificabile);
- Materiale: materiale dello strato (nome modificabile);
- Spessore: spessore dello strato (valore modificabile);
- **E0:** modulo di elasticità lungo la direzione 0, cioè parallela alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);

- **G0:** modulo di taglio lungo la direzione 0, cioè parallela alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);
- **E90:** modulo di elasticità lungo la direzione a 90°, cioè ortogonale alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);
- **G90:** modulo di elasticità lungo la direzione a 90°, cioè ortogonale alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);
- **fc0 k:** resistenza caratteristica a compressione lungo la direzione 0, cioè parallela alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);
- *ft0 k:* resistenza caratteristica a trazione lungo la direzione 0, cioè parallela alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);
- fm0 k: resistenza caratteristica dovuta a momento (valore modificabile);
- **fv0 k:** resistenza caratteristica lungo la direzione 0, cioè parallela alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);
- **fc90 k:** resistenza caratteristica a compressione lungo la direzione a 90°, cioè perpendicolare alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);
- *ft90 k:* resistenza caratteristica a trazione lungo la direzione a 90°, cioè perpendicolare alle fibre del primo e dell'ultimo strato (valore modificabile);
- froll k: resistenza caratteristica al rotolamento (valore modificabile);
- Peso: peso specifico dello strato (valore modificabile).

Se due strati successivi sono costituiti dallo stesso materiale <u>non</u> occorre scambiare E0 ed E90, in quanto il programma considera in modo automatico la rotazione di 90° degli strati pari rispetto a quelli dispari.

Sono inoltre disponibili i seguenti comandi:

- Aggiungi: consente di specificare le caratteristiche geometriche e meccaniche di uno strato;
- Rimuovi: consente di rimuovere le caratteristiche geometriche e meccaniche dello strato selezionato;
- Rimuovi tutto: consente di rimuovere le caratteristiche geometriche e meccaniche di tutti gli strati.

NOTA 1 Il materiale ha assi locali 1 e 2 che possono coincidere con le direzioni 0 e 1 del pannello: in questo caso è corretto usare il materiale ortotropo suggerito dalla finestra del pannello XLAM. Qualora l' elemento non abbia assi locali coincidenti con le direzioni del pannello, le verifiche vengono correttamente eseguite con trasformazione delle azioni, ma i valori suggeriti per l'ortotropia possono essere non corretti.

NOTA 2 Per convenzione la direzione 0 del pannello è quella parallela alle fibre del primo e dell'ultimo strato. La direzione 0, pertanto, ha caratteristiche di resistenza e rigidezza superiore alla direzione 1. Il programma ipotizza che la direzione 0 sia verticale per i setti e inclinata rispetto all' asse X per i gusci (inclinazione definibile in "Angolo gusci 0-X" nella *tabella dei criteri di progetto*). Per i solai, invece, la luce dell'elemento solaio ha direzione 0 per convenzione. In fase di verifica non esiste interazione tra direzione 0 e direzione 1.

Assegnazione delle proprietà di pannelli XLAM ad elementi D3

Una volta definite le caratteristiche geometriche, meccaniche ed i criteri di progetto necessari per l'esecuzione dell'analisi, della progettazione e delle verifiche di *gusci e/o pareti* in materiale XLAM, occorre assegnarli agli elementi D3 presenti nel modello.



- Spessore: riporta lo spessore dell'elemento XLAM inteso come somma degli spessori di tutti gli strati;
- Materiale: riporta il materiale tipo Legno dell'archivio dei

Edita proprietà D3	×
1 1 2	1 - 19
🖃 Generalità	
Elemento tipo	🔰 Shell
Spessore	15.0
Materiale	[44] legno E =
Pannello XLAM	[1] XLAM_tipo_1
Criterio di pr	[1] Criterio di pr
Layer	Layer 0
Filo fisso	elemento in asse
🗄 Interazione to	erreno

materiali con le caratteristiche meccaniche specificate nella cornice Valori suggeriti per la modellazione della finestra Catalogo pannelli XLAM;

- **Pannello XLAM:** riporta il tipo di pannello XLAM considerato; **Essa** tale opzione si attiva in modo automatico solo se il materiale è di tipo Legno;
 - Criterio di progetto: specifica il criterio di progetto adottato per l'elemento D3 selezionato.

Assegnazione delle proprietà di pannelli XLAM ad elementi solaio

Una volta definite le caratteristiche geometriche, meccaniche ed i criteri di progetto necessari per l'esecuzione dell'analisi, della progettazione e delle verifiche di solai in materiale XLAM, occorre assegnarli agli elementi solaio presenti nel modello.

Cliccando sull'icona e selezionando l'elemento solaio di interesse, si accede alla finestra "Edita proprietà solaio" riportata nel seguito. In particolare, ai fini dell'utilizzo della tecnologia XLAM, occorre specificare:

- Materiale: riporta il materiale tipo Legno dell'archivio dei materiali con le caratteristiche meccaniche specificate nella cornice Valori suggeriti per la modellazione della finestra Catalogo pannelli XLAM;
- Pannello XLAM: riporta il tipo di pannello XLAM considerato;

tale opzione si attiva in modo automatico solo se il materiale è di tipo Legno;

Criterio di progetto: specifica il criterio di progetto adottato per l'elemento solaio selezionato.

1 1/ 1/ 3 - 1 187) 🖻 Generalità Layer Layer 0 Materiale [41] legno E = ... Pannello XLAM [1] non incollato 📃 Piano rigido Spessore me... 15.0 Modello di carico 🗄 Modello di calcolo Dati di progetto Criterio di pr... [1] Criterio di pr...

Considerazioni sull'implementazione dei pannelli XLAM

La peculiarità del pannello XLAM è data dalla presenza di strati molto deformabili a taglio (G90 è di un ordine di grandezza inferiore a G0) così da invalidare l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane. L' appendice D della normativa tedesca DIN 1052 (D) - 2008 fornisce indicazioni per la valutazione delle rigidezze e delle tensioni sui pannelli XLAM, anche considerando la cedevolezza a taglio degli strati. In particolare, le azioni di piastra vengono ripartite su due piani ideali A e B, mentre le azioni di lastra sono riportate sul piano ideale C. La deformabilità a taglio regola la ripartizione tra i piani A e B. Utilizzando il

riferimento tecnico dell' Università di Monaco "Teilprojekt 15 - TP 15 Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen" si è implementato l' algoritmo di ripartizione indicato al paragrafo 5.4.2.3 basato sull' analogia del taglio per carico sinusoidale. In base a guesta analogia la quota di carico afferente al piano B (nelle verifiche indicata come Qb) viene ridotta in funzione delle caratteristiche statiche del pacchetto di strati e della luce del pannello nella direzione di studio (valori da definire nella tabella dei criteri di progetto in "L dir 1" e "L dir 2").



Verifiche strutturali di pannelli XLAM

Le verifiche strutturali, da effettuarsi dopo la progettazione agli S.L.U. ed elencate nel seguito, sono condotte in ottemperanza alle NTC 14 Gennaio 2008, seguendo anche le indicazioni riportate nella norma tecnica UNI EN 1995-1-1:2005 "Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali -Regole comuni e regole per gli edifici" e nella norma tedesca DIN 1052 (D) - 2008. Inoltre, ulteriori informazioni sono reperibili nel documento dell'Università di Monaco "Teilprojekt 15 - TP 15 Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen". Le verifiche sono (raccolte per macroelementi e riportate ai nodi):

- V.127 Verifica a tensoflessione (DIN, par. 10.7.1, formula 127);
- V.128 Verifica a pressoflessione (DIN, par. 10.7.1, formula 128);

- **V.5-45** Verifica alle tensioni normali rapportate alla resistenza di progetto a flessione (riferimento tecnico dell' Università di Monaco, par. 5.5.1.1, formula 5-45). Questa verifica, nel caso di gusci e solai, è sostitutiva delle verifiche V.127 e V.128. Tale opzione può essere selezionata dalla *tabella dei criteri di progetto* (Verif. M da M.5-45);
- V.129 Verifica a taglio e torsione (DIN, par. 10.7.1, formula 129);
- V.130 Verifica a trazione e taglio di rotolamento (DIN, par. 10.7.1, formula 130);
- V.131 Verifica a compressione e taglio di rotolamento (DIN, par. 10.7.1, formula 131);
- **V.D26** Controllo torsione di incollaggio (DIN, App. D, formula D.26).

Ai fini della verifica al taglio di piastra, è consentita una verifica semplificata che affida al piano B l'intero valore dell'azione tagliante (DIN, App. D, formula D.38). Tale opzione può essere selezionata dalla *tabella dei criteri di progetto* (Verif. V da D.38).

Per i pannelli vengono considerati gli effetti del secondo ordine, comprensivi di verifica di stabilità, seguendo quanto illustrato dal riferimento tecnico dell' Università di Monaco, par. 5.6.1.1, formule 5-58 ÷ 5.63.

Inoltre, vengono effettuate le verifiche dei collegamenti (nel caso di presenza di pareti nel modello), al piede del pannello e in testa al pannello, e dell'hold-down. Per la verifica delle connessioni si considera un coefficiente parziale di sicurezza (ulteriori informazioni al paragrafo 7.7.6 "Verifiche di resistenza" del DM08) a cui si accede tramite la sequenza **Preferenze** \rightarrow **Normative** \rightarrow **Legno** \rightarrow **Avanzate**.

1.5	Coeff, perziele sicurezza connessioni
1.95	Coell, parziale sicurezza connessioni per sismica

Le sette verifiche di cui sopra sono espresse dal rapporto tra domanda e capacità. Affinché la verifica sia positiva (codice della verifica: *OK*) il rapporto deve essere inferiore o uguale a 1. Occorre tenere in considerazione che la capacità è affetta dal termine k_{mod} , coefficiente che dipende della classe di servizio e dalla classe di durata dei carichi (si considera a livello di combinazione il caso di carico di minor durata). Per maggiori dettagli si veda la formula 4.4.1 e relativa spiegazione contenuta nel paragrafo 4.4.6 "Resistenza di calcolo" del DM08.

Per entrambe le direzioni (0 e 1) si avranno quindi 8 componenti di sollecitazione:

- Momento flettente ripartito su piano A e piano B;
- Momento torcente ripartito su piano A e piano B;
- Taglio ortogonale ripartito su piano A e piano B;
- Sforzo normale su piano C;
- Taglio membranale su piano C.

Progettazione secondo il metodo delle Tensioni Ammissibili - Regles

Il programma consente la verifica dei seguenti tipi di elementi:

- 1. aste
- 2. travi

L' esito delle verifiche è espresso con un codice come di seguito indicato:

OK : verifica con esito positivo NV : verifica con esito negativo

Le verifiche effettuate sono raggruppate nelle seguenti categorie:

- verifica a tenso-flessione
- verifica a presso-flessione
- verifica a taglio-torsione.
- Verifiche di deformabilità

1 - 19
🖍 Trave
[1] Rettangolare
0.0
[42] legno conif
[1] Criterio di pr
elemento in asse
Layer 0
erreno

Il programma consente per mezzo di mappe, diagrammi, tabelle e l'osservazione puntuale degli elementi, l'esaustivo controllo dello stato di progetto e verifica della struttura.

La progettazione degli elementi strutturali in legno avviene nel *Contesto di Assegnazione dei dati di progetto*, a cui è possibile accedere solamente se si è eseguito il calcolo della struttura.

Per entrare nel contesto Assegnazione dei dati di progetto, attivare i seguenti comandi:

Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali

Per effettuare la progettazione degli elementi strutturali in legno è necessario che ad ogni elemento sia associato il criterio di progetto; ad ogni elemento può essere associato un solo criterio per volta.

Ad ogni elemento viene assegnato per default il primo criterio di progetto presente nell'archivio.

- Per associare ad uno o più elementi un criterio di progetto è necessario operare nel seguente modo:
- 1. Selezione degli elementi che si desiderano progettare con un determinato criterio di progetto, presente nell'archivio dei criteri di progetto;
- 2. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare: Setta Riferimento;
- 3. Nella *Tabella delle proprietà* che viene visualizzata, selezionare, nella apposita cornice, il criterio di progetto che si desidera assegnare agli elementi selezionati; premere il consueto tasto di chiusura della finestra.
- 4. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare: Assegna Criterio;

Esecuzione progettazione alle Tensioni Ammissibili

Per la progettazione alle tensioni ammissibili degli elementi strutturali è necessario eseguire le seguenti fasi e i seguenti comandi:

1. Definizione, se ancora non eseguita, delle *Combinazioni di carico* (se non sono state definite le combinazioni di carico, i comandi di progettazione sono non attivi);

Particolare attenzione deve essere posta nella definizione delle combinazioni, poiché i casi carico vanno combinati con la seguente regola:

permanenti + 1.2 * accidentali permanenti + 1.0 * accidentali + neve/vento/sisma permanenti + neve/vento/sisma

- 2. Definizione dei Criteri di progetto;
- 3. Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali;
- 4. Selezione degli elementi che si desiderano progettare;
- 5. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare:
 - Progetta 🕨

Tensioni ammissibili la progettazione è eseguita con il metodo delle tensioni ammissibili come previsto dalle *REGLES C.B.71 (reperibili sul "Prontuario per il calcolo di elementi strutturali" Le Monnier*).

I medesimi comandi di progetto possono essere attivati mediante menu a discesa, nel seguente modo:

Contesto Esecuzione progettazione

Tensioni ammissibili la progettazione viene eseguita con il metodo delle tensioni ammissibili come previsto dalle *REGLES C.B.71 (reperibili sul "Prontuario per il calcolo di elementi strutturali" Le Monnier).*

Controllo dei risultati per la progettazione con le Tensioni Ammissibili

Il programma consente per mezzo di mappe, diagrammi e tabelle, l'esaustivo controllo dello stato di progetto della struttura.

Il controllo dei risultati della progettazione avviene mediante le opzioni di visualizzazione contenute nella *Barra di controllo della progettazione*, sempre attiva nel *Contesto di assegnazione dei dati di progetto*.

Per ogni elemento vengono pertanto riportati i seguenti valori (eventualmente nulli):

- > Sig tf : valore massimo della tensione in regime di tenso-flessione
- > Sig pf : valore massimo della tensione in regime di presso-flessione
- > Tau : valore massimo della tensione tangenziale.

I primi due valori sono confrontati con la tensione ammissibile a flessione, il terzo valore con la tensione tangenziale ammissibile.

In altri termini le verifiche sono riconducibili a formule del tipo:

(sig.amm fless. / sig.amm generale) * sig generale ≤ sig.amm fless.

Le verifiche a pressoflessione considerano il carico punta per mezzo del coefficiente omega riportato. Le verifiche in presenza di flessione considerano il fattore di riduzione del modulo di resistenza C in ragione delle dimensioni della sezione (nel caso del *legno lamellare* ciò avviene solo per sezioni non rettangolari). La verifica a taglio-torsione considera il fattore riduttore della tensione ammissibile al taglio in ragione dell'area della sezione.

La barra delle progettazioni contiene i seguenti comandi per il controllo degli elementi:

Legno t.a. (Controllo dei risultati della progettazione degli elementi in legno, con il metodo delle *Tensioni Ammissibili*);

Le verifiche effettuate sono raggruppate nelle seguenti categorie: Per ogni elemento vengono pertanto mappati i seguenti valori:

- valore massimo della tensione in regime di tenso-flessione;
- valore massimo della tensione in regime di presso-flessione;
- valore massimo della tensione tangenziale;

I primi due valori vanno confrontati con la tensione ammissibile a flessione, il terzo valore con la tensione tangenziale ammissibile.

Il comando Legno t.a. permette l'accesso al menu dei seguenti comandi di controllo:

- □ **Stato di progetto** Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - o colore giallo elementi non progettati;
 - o colore ciano elementi progettati e verificati;
 - o colore rosso elementi progettati e non verificati;
- □ **Sfruttamento (%)** Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori di sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei tre rapporti tra le tensioni ideali massime e quelle ammissibili;
- □ **Tenso-flessione** Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, del valore massimo della tensione in regime di tenso-flessione;
- □ **Presso-flessione** Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, del valore massimo della tensione in regime di presso-flessione;

$$\sigma_{\max} = \left| \frac{sf}{\overline{\sigma}'} \times \frac{\omega N}{A} \right| + \left| \frac{M}{C \times W} \right|$$

dove:

 ω = coefficiente funzione di λ

C = coefficiente funzione di h (altezza della trave)

- □ *Taglio-torsione* Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, del valore massimo della tensione tangenziale:
- Freccia (1000/L) Permette la visualizzazione dei valori della freccia massima negli elementi strutturali, espressi come rapporto: *freccia = X/1000/L* esprimibile anche come: *dove X* è il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore, L è la luce dell'elemento considerato.

Ad es: per un determinato elemento viene riportato in tabella il valore X = 5; la freccia massima ha il seguente valore: $freccia = 5 \cdot L / 1000 = L / 200$

□ **Snellezze 3-3** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno all'asse 3-3 locale;

Stato progetto
Sfruttamento (%)
Tenso-flessione
Presso-flessione
Taglio-torsione
Freccia (1000/L)
Snellezze 3-3
Snellezze 2-2
Luce libera 3-3
Luce libera 2-2
Isola non verificati
Sospendi

- Snellezze 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno all'asse 2-2 locale;
- □ *Luce libera 3-3* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno all'asse 3-3 locale;
- □ Luce libera 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno all'asse 2-2 locale;
- Sospendi Permette la sospensione dell'attività di controllo della progettazione;

Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento in legno per progettazione alle Tensioni Ammissibili

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della progettazione, relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. <u>Premere</u> il comando:



Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione, relativi al singolo elemento.

2. Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare Click con il mouse sull'elemento che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame.

Per gli elementi D2 in legno sono riportati:

- *Stato di progetto e verifica* Riporta per le verifiche effettuate: Tenso-flessione, Presso-flessione, Taglio-torsione, i codici relativi (OK Verifica, Nv non verifica, non richiesta);
- *Tensioni normali (trazione)* Riporta il valore della tensione in regime di tenso-flessione, la combinazione in cui si verifica e le sollecitazioni che lo generano;



- *Tensioni normali (compressione)* Riporta il valore della tensione in regime di presso-flessione, la combinazione in cui si verifica, il relativo valore di *Omega*, le sollecitazioni che lo generano e i valori di *BetaxL* e *Lambda* sia per flessione attorno all'asse locale 2-2 che attorno all'asse locale 3-3;
- *Tensioni tangenziali* Riporta il valore della tensione tangenziale, la combinazione in cui si verifica e le sollecitazioni che lo generano;

Impiegando l'apposito cursore è possibile controllare i risultati in varie posizioni lungo l'asse dell'elemento.

- 3. Facendo Click con il mouse sui simboli + è possibile visualizzare il contenuto delle cartelle relative ai vari tipi di verifiche.
- 4. Premere il consueto tasto di chiusura della finestra.

Progettazione secondo il metodo degli Stati Limite – Eurocodice 5 e DM'08

Il programma consente la verifica dei seguenti tipi di elementi: 1. aste

- 2. travi
- 3. pilastri
- 4. gusci, solai e pareti realizzati con pannelli XLAM

L'esito delle verifiche è espresso con un codice come di seguito indicato:

- OK: verifica con esito positivo
- NV: verifica con esito negativo
- nd: non effettuata

Le verifiche sono condotte in ottemperanza alle NTC 14 Settembre 2005 seguendo le indicazioni analitiche riportate nella norma tecnica UNI EN 1995-1-1:2005 "Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici" e, nel caso di pannelli XLAM, nella norma tedesca DIN 1052 (D) - 2008. Inoltre, ulteriori informazioni sono reperibili nel documento dell'Università di Monaco "Teilprojekt 15 – TP 15 Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen". ; in particolare le verifiche effettuate sono riconducibili ai punti:

- 2.2.2 Ultimate limit states
- 2.2.3 Serviceability limit states
- 2.4.1 Design value of material property
- 2.4.3 Design resistances
- 3.1.3 Strength modification (**kmod**)
- 3.1.4 Deformation modification (kdef)
- 6. Ultimate limit states
- 6.2 Design of cross-sections subjected to combined stresses
- 6.3 Stability of members

Nel caso di aste, travi e pilastri, le verifiche effettuate sono raggruppate nelle seguenti categorie:

- Verifica a tensoflessione
- Verifica a pressoflessione
- Verifica a taglio-torsione
- Verifiche di stabilità
- Verifiche di svergolamento
- Verifiche di deformabilità

Nel caso di <u>gusci, solai e pareti realizzati con pannelli XLAM</u>, invece, le verifiche effettuate sono raggruppate nelle seguenti categorie:

- Verifica a tensoflessione
- Verifica a pressoflessione
- Verifica a presso-tensoflessione
- Verifica a taglio-torsione
- Verifica a rolling e trazione
- Verifica a rolling e compressione
- Controllo torsione di incollaggio
- Verifiche di stabilità
- Verifica collegamenti (nel caso di presenza di pareti nel modello)

Il valore di progetto delle resistenze per il calcolo secondo l'EC5 si ottengono in base a quanto definito al paragrafo 2.4.1 della norma tecnica UNI EN 1995-1-1:2005:

$$X_d = k_{\rm mod} \frac{X_k}{\gamma_m}$$

dove:

- X_d è la generica resistenza di progetto
- K_{mod} è un coefficiente modificativo che tiene conto della durata del carico e dell'umidità
- X_k è la generica resistenza caratteristica
- γ_m è il coefficiente di sicurezza parziale sul materiale

l valori di k_{mod} e γ_m sono riportati nella tabella dei criteri di progetto e sono funzione della classe di servizio e della durata dei carichi.

Def	inizione durata		X
	Caso di carico:		
	CDC	Durata	Valore rif.
	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	Permanente	1
	CDC=Gk (COPERTURA+CARICO NEVE)	Permanente	1
_			
	< Indietro	Avanti > Ar	nnulla Default

La definizione della durata di ciascun caso di carico (paragrafo 2.3.1.2 EC5) e del coefficiente Psi2 (paragrafo 2.2.3 EC5) viene realizzata all'interno della *Tabella delle combinazioni* attivabile, in base al contesto in cui si opera, con le seguenti modalità:

Se si opera nel Contesto di Assegnazione dei carichi si utilizzano i seguenti comandi: Dati di carico ► Combinazioni ► Impostazioni generali

Se si opera nel *Contesto di Assegnazione dati di progetto* si utilizzano i seguenti comandi: *Dati di progetto* ► *Combinazioni* ► *Impostazioni generali*

La tabella dei criteri di progetto definisce i valori di k_{mod} in funzione della classe di servizio (paragrafo 2.3.1.3 EC5) e della durata del carico (paragrafo 2.3.1.2 EC5).

Il programma determina in automatico per ogni combinazione l'opportuno valore di k_{mod} ; nel in cui caso in una combinazione siano presenti carichi di durata differente (ad esempio carichi permanenti e sisma) il programma utilizza il valore di k_{mod} corrispondente al carico di minore durata (paragrafo 3.1.3 EC5).

E' possibile assegnare due differenti coefficienti di sicurezza sul materiale (Gamma): uno utilizzato per le combinazioni di carico senza il sisma ed uno per combinazioni di carico con il sisma.

Definizione dei criteri di progetto

La definizione dell'archivio dei criteri di progetto per la progettazione degli elementi in legno viene realizzata all'interno della *Tabella dei criteri di progetto*, attivabile, in base al contesto in cui si opera, con le seguenti modalità:

□ Se si opera nel Contesto di Introduzione dei dati si utilizzano i seguenti comandi:

- Dati struttura 🕨 Criteri di progetto
- □ Se si opera nel Contesto di Assegnazione dati di progetto si utilizzano i seguenti comandi: Dati di progetto ► Criteri di progetto

La *Tabella dei criteri di progetto* contiene più cartelle, necessarie all'inserimento dei dati di progetto riguardanti i seguenti elementi strutturali in legno; contiene inoltre:

- La finestra di testo che riporta il nome del criterio di progetto correntemente selezionato;
- *Il contatore dei criteri di progetto* che riporta il numero progressivo del criterio di progetto corrente e permette di scorrere l'archivio dei criteri di progetto;

I seguenti tasti:

- Copia Per eseguire la copia del criterio di progetto corrente;
- Incolla Per assegnare al criterio corrente il criterio di progetto memorizzato con il comando copia;
- Annulla l'operazione eseguita;
- **Applica** Inserisce il criterio di progetto definito, nell'archivio dei criteri di progetto, con il numero presente nel contatore;
- Esci Esegue l'uscita della Tabella dei criteri di progetto;

Criterio di progetto per gli elementi in legno

La definizione dei criteri per la progettazione degli elementi in legno avviene all'interno della cartella Legno, che contiene i seguenti parametri:

- □ Legno
 - SLU Coefficiente di sicurezza sul materiale utilizzato per le combinazioni di carico in cui <u>non è presente</u> il sisma;
 - SISMA Coefficiente di sicurezza sul materiale utilizzato per le combinazioni di carico in cui <u>è presente</u> il sisma;
 - *Perma.*, *Lunga, Media, Breve, Istant* Riporta i valori del coefficiente *Kmod* (tabella 3.1, EC5);
 - Kdef Riporta i valori del coefficiente Kdef (tabella 3.2, EC5);
 - Travi e aste, Pilastri Riportano i valori dei coefficienti beta <u>con le stesse</u> modalità di quelli relativi ad elementi in <u>acciaio</u> (maggiori informazioni al Capitolo 10 – Progettazione elementi strutturali in acciaio).

SLL	J:	1.5	SISMA	4: 1.1				
Km	od:	Perma.	Lunga	Med	lia	Breve	Istant.	Kdef:
e	1	0.6	0.7	0.8	1	0.9	1	0.6
С	2	0.6	0.7	0.8	s J	0.9	1	0.8
C	3	0.5	0.55	0.6	5	0,7	0.9	2
Tra	avi e	aste		1	- Pil	astri		
	Beta	Bet	axL	and a		Beta	BetaxL	
1-1	11	0	14	Auto	1-1	1	0	
2-2	1	0	ম 🗌	Auto	2-2	2	0	Assegnato
3-3	1	0	2	Auto	3-3	2	0	Assegnato
	0.8	De	Aste		-			

Criterio di progetto per pannelli XLAM

La definizione dei criteri per la progettazione degli elementi in legno avviene all'interno della cartella XLAM, che contiene i seguenti parametri:

- □ XLAM
 - *L dir 0* Lunghezza utile del pannello nella direzione 0, necessaria per il calcolo della quota di carico afferente al piano B secondo l'algoritmo di ripartizione basato sull'analogia del taglio per carico sinusoidale; se 0 deformazione a taglio trascurabile; se 1, per le pareti, è assunto automaticamente dalla dimensione della macro;
 - *L dir 1* Lunghezza utile del pannello nella direzione 1, necessaria per il calcolo della quota di carico afferente al piano B secondo l'algoritmo di ripartizione basato sull'analogia del taglio per carico sinusoidale; se 0 deformazione a taglio trascurabile;
 - **Angolo gusci 0-X** Riporta l'angolo tra la direzione 0 del guscio (direzione parallela alle fibre del primo e dell'ultimo strato) e l'asse X del sistema di riferimento globale;

		36.40
Generalità		
L displore 1 [7]	1.0 1 cm 1	
L directore 2	021091	
Vestica V de 0.18		
Refica M da M.3-6		
Multa valori okravnit		
Countrolool pareti		
rvpk	S3.0 [dah/rom]	
ntk	3900 (#a%/cm [
rik.	58.0. [dah/me]	
FMK	5800.0 (#eN (
dH	250 [cm]	
funitie	360 [##U/0%2]	
Paranti soluio		
Fiet+L/	500.0	
fidel.	355.8	
Welfkewikkeri (DCS 7.3)		
Resistence al funco		
Spectore cationizailare	0.0 [1076]	
3-intrachron		
D 3+ esterilosse		

- Verif. V da D.38 Opzione per scegliere la valutazione dell'azione tagliante in modo semplificato, in questo caso affidata al solo piano B; se l'opzione non viene selezionata l'azione tagliante viene ripartita nei piani A e B proporzionalmente al valore delle corrispondenti quote Qa e Qb;
- Verif. M da M5-45 Opzione per scegliere la verifica a presso-tensoflessione, sostitutiva della verifiche V.127 e V.128 nel caso di gusci e solai; se l'opzione non viene selezionata il programma esegue le verifiche V.127 e V.128;
- *Media valori elem.* Opzione per scegliere se considerare la media dei valori degli elementi; se l'opzione è attiva il programma effettua le verifiche utilizzando i valori medi per ciascun elemento D3 anziché i valori nei vertici;
- *rvpk* Riporta la resistenza caratteristica a taglio, espressa in daN/cm, delle connessioni al piede del pannello;
- *rvtk* Riporta la resistenza caratteristica a taglio, espressa in daN/cm, delle connessioni in testa al pannello;
- *RHk* Riporta la resistenza caratteristica a trazione, espressa in daN, del singolo hold-down;
- dH Riporta la distanza, espressa in cm, dal bordo dell'hold-down;

- *fcH90k* Riporta la resistenza caratteristica a compressione del legno, espressa in daN/cm², per contatto pannello-solaio da utilizzarsi nello stress-block;
- **Spessore carbonizzazione** Riporta lo spessore di carbone considerato per la verifica di resistenza al fuoco;
- 3- (estradosso) Opzione che consente di assegnare l'esposizione a carico d'incendio agli elementi con faccia 3- esposta. Per visualizzare il sistema di riferimento locale degli elementi D3 utilizzare il comando Preferenze ► Opzioni elementi ► Elementi D3 orientamento.
- 3+(estradosso) Opzione che consente di assegnare l'esposizione a carico d'incendio agli elementi con faccia 3+ esposta. Per visualizzare il sistema di riferimento locale degli elementi D3 utilizzare il comando Preferenze ► Opzioni elementi ► Elementi D3 orientamento.

Criterio di progetto per solai XLAM

Per il progetto dei solai in XLAM sono disponibili i seguenti criteri di progetto:

- *f ist<L*/ limite massimo della freccia istantanea (si veda tabella 7.2 dell'Eurocodice 5)
- f inf<L/ limite massimo della freccia a tempo infinito (si veda tabella 7.2 dell'Eurocodice 5)
- Verifica vibrazioni se l'opzione è attiva sul solaio viene eseguita anche la verifica delle vibrazioni (si veda norma SIA 265 e §7.3 dell'Eurocodice 5)
- *E massetto collaborante* disponibile solo se è attiva l'opzione *Verifica vibrazioni*. Consente di specificare il modulo elastico del massetto collaborante del solaio ai fini delle verifiche di vibrazione (si veda norma SIA 265 e §7.3 dell'Eurocodice 5)
- *t massetto collaborante* disponibile solo se è attiva l'opzione *Verifica vibrazioni*. Consente di specificare lo spessore del massetto collaborante del solaio ai fini delle verifiche di vibrazione (si veda norma SIA 265 e §7.3 dell'Eurocodice 5)
- **Smorzamento percentuale** disponibile solo se è attiva l'opzione Verifica vibrazioni. Consente di specificare lo smorzamento da considerare nel calcolo delle vibrazioni del solaio ai fini della valutazione della velocità di confronto (formula 2.1-13 norma SIA 265) e dell'accelerazione (formula 2.1-8 norma SIA 265)

Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali

Per effettuare la progettazione degli elementi strutturali in legno è necessario che ad ogni elemento sia associato il criterio di progetto; ad ogni elemento può essere associato un solo criterio per volta.

Ad ogni elemento viene assegnato per default il primo criterio di progetto presente nell'archivio.

- Per associare ad uno o più elementi un criterio di progetto è necessario operare nel seguente modo:
- 1. Selezione degli elementi che si desiderano progettare con un determinato criterio di progetto, presente nell'archivio dei criteri di progetto;
- 2. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare: **Setta** *Riferimento*;
- 3. Nella *Tabella delle proprietà* che viene visualizzata, selezionare, nella apposita cornice, il criterio di progetto che si desidera assegnare agli elementi selezionati; premere il consueto tasto di chiusura della finestra.
- 4. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare: **Assegna Criterio;**

La progettazione degli elementi strutturali in legno avviene nel *Contesto di Assegnazione dei dati di progetto*, a cui è possibile accedere solamente se si è eseguito il calcolo della struttura.

Per entrare nel contesto Assegnazione dei dati di progetto, attivare i seguenti comandi:

Contesto ► Assegnazione dati di progetto

In questa fase della sessione di lavoro, sono nascoste tutte le barre degli strumenti di modellazione (Barra per la generazione dei nodi, Barra per la generazione degli elementi, Barra di modifica), e viene visualizzata la *Barra per la progettazione* che riporta i comandi di controllo dei risultati della progettazione, tra cui quelli relativi alle strutture in legno:

Pannelli solaio	
f ist <l <="" th=""><th>500.0</th></l>	500.0
f inf <l <="" td=""><td>350.0</td></l>	350.0
Verifica vibrazioni (EC5 7.3)	
E massetto collaborante	200000.0 [daN/cm2]
t massetto collaborante	4.0 [cm]
Smorzamento percentuale	0.0



Legno EC5. Permette di eseguire il controllo della progettazione e verifica degli elementi in legno effettuata con il metodo degli Stati limite in ottemperanza alle NTC 14 Settembre 2005 seguendo le indicazioni analitiche riportate nella norma tecnica UNI EC5-1-1:2005 e, nel caso di pannelli XLAM, nella norma tedesca DIN 1052 (D) - 2008. Inoltre, ulteriori informazioni sono reperibili nel documento dell'Università di Monaco "Teilprojekt 15 - TP 15 Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen".

Finestra di testo Riporta il tipo di risultato correntemente selezionato;



Controlla Permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione relativi al singolo elemento:

Esecuzione progettazione

Per la progettazione degli elementi strutturali è necessario eseguire le seguenti fasi e i seguenti comandi:

- 1. Definizione, se ancora non eseguita, delle Combinazioni di carico di tipo SLU e SLE (se non sono state definite le combinazioni di carico, i comandi di progettazione sono non attivi);
- Definizione dei Criteri di progetto; 2
- 3. Assegnazione del criterio di progetto agli elementi strutturali:
- 4. Selezione degli elementi che si desiderano progettare;
- 5. Premere il tasto destro del mouse per visualizzare la lista di comandi tra cui selezionare: Progetta ► Stati Limite Ultimi



I medesimi comandi di progetto possono essere attivati mediante menu a discesa, nel seguente modo: Contesto ► Esecuzione progettazione ► Stati Limite Ultimi

Controllo dei risultati per la progettazione con gli stati limite

Il programma consente per mezzo di mappe, diagrammi e tabelle, l'esaustivo controllo dello stato di progetto della struttura.

Il controllo dei risultati della progettazione avviene mediante le opzioni di visualizzazione contenute nella Barra di controllo della progettazione, sempre attiva nel Contesto di assegnazione dei dati di progetto.

			Onzioni D2		
e 4 4	State properties	Onzioni D2	Def. Ini. R (1000/L)		
	Xaapiojaco	Vice Birg Rut 1N	Dief. Ini. P (1000/L)		
	DQ Shuttamento (%)	Number of Station	Def. Int. P (1000)L)		
	D251.U. >	Number a set	Def. infl. R (1000)L) Def. infl. F (1000)L) Def. infl. P (1000)L)		
	D2.54,6, X	Penta Pit			
	Inviluppo S.L.U.	Sveroglamento			
	D3 Shuttamanto (%)				
	0351.U. +				
	Orientamento fibre		Verifica DIN (127) NH/M		
	Mostra dir. secondaria	Onelani Invilvena	Perifica DIN (128) N-/M		
	Shellezze 3-3		Veninca Mod 645 April Novinca Dibu (1990 April		
	Shellezze 2-2	Story of Komales	verification (129) synt		
	Luce libera 3-3	Tagio 2	Amura mux (ran) (d+lidauc		
	Luce Marca 2-2	Taglio 3	Vertice DIN (131) N-(M/Vro)		
	and the second s	Mom. torsente	Verifica Minc D04 (D.26)		
	Isola non verifikati	Momento 2-2	Verifice connettori piede		
	Scependi	Momento 3-3	Verifica concettori besta		



Il comando Legno EC5 permette l'accesso al menu dei seguenti comandi di controllo:

- Stato di progetto Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:
 - colore giallo elementi non progettati; 0
 - colore ciano elementi progettati e verificati; 0
 - colore rosso elementi progettati e non verificati;
- D2 Sfruttamento (%) Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori di sfruttamento degli elementi D2 espressi in percentuale;
- D2 S.L.U.
 - Verifica N+/M : Verifica come da formula 6.17 e 6.18 per tensoflessione
 - Ver N-/M: Verifica come da formula 6.19 e 6.20 per pressoflessione
 - Ver V/T: Verifica come da formula 6.13 e 6.14 (taglio torsione) con interazione ottenuta per

quadratura del termine di taglio secondo la formula $\frac{\tau_{tor,d}}{k_{sh}f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 \le 1$ Stabilità: Verifica comunication

- Stabilità: Verifica come da formula 6.23 e 6.24 per pressoflessione di elementi con snellezza 0 relativa in un piano maggiore di 0.3
- Svergolamento: Verifica come da formula 6.35 (effettuata in entrambi i piani principali) per 0 instabilità laterale.
- D2 S.L.E.
 - Def. ini. R (1000/L): Massima deformazione iniziale in combinazione rara, espressa come rapporto: **freccia = X/1000/L** esprimibile anche come: **freccia = X · L / 1000** dove X è il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore, L è la luce dell'elemento considerato. Ad es: per un determinato elemento viene riportato in tabella il valore X = 5; la freccia massima ha il seguente valore: freccia = 5 • L / 1000 = L / 200
 - Def. ini. F (1000/L) Massima deformazione iniziale in combinazione frequente 0
 - Def. ini. P (1000/L) Massima deformazione iniziale in combinazione quasi permanente 0
 - Def. fin. R (1000/L) Massima deformazione finale in combinazione rara. Il valore della deformazione a tempo infinito per una combinazione di carichi è ottenuta sommando per ogni caso di carico sia il valore istantaneo che il valore ottenuto dall'aliguota guasi-permanente amplificata del fattore kdef (formula 2.2 e 2.3). In termini analitici il contributo del caso di carico con coefficiente di combinazione Psi (diverso da 0) è Psi + kdef * Psi2
 - Def. fin. F (1000/L) Massima deformazione finale in combinazione frequente 0
 - Def. fin. P (1000/L) Massima deformazione finale in combinazione quasi permanente 0
- Inviluppo S.L.U. Permette la visualizzazione dell'inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione degli elementi D2. Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni:
 - Sforzo normale
 - o Taglio 2
 - o Taglio 3
 - Momento torcente
 - o Momento 2-2
 - 0 Momento 3-3
- D3 Sfruttamento (%) Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori di sfruttamento degli elementi D3 espressi in percentuale;
- □ D3 S.L.U.
 - Verifica DIN (127) N+/M Verifica come da DIN, par. 10.7.1, formula 127 ed espressa dall' equazione

 $\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \text{da specificare nelle direzioni 0 ed 1;}$

Verifica DIN (128) N-/M Verifica come da DIN, par. 10.7.1, formula 128 ed espressa dalle equazioni 0

 $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \le 1 \quad \text{da specificare nelle direzioni 0 ed 1;}$

Verifica Mod 545 N/M Verifica come da riferimento tecnico dell' Università di Monaco, par. 5.5.1.1,

formula 5-45 ed espressa dall' equazione $\frac{\sigma_{c/t,0,d} + \sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \le 1$ da specificare nelle direzioni 0 ed 1;

- **Verifica DIN (129) V/MT** Verifica come da DIN, par. 10.7.1, formula 129 ed espressa dall' equazione $\left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{drill,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \le 1$ da specificare nelle direzioni 0 ed 1;
- **Verifica DIN (130) N+/M/Vroll** Verifica come da DIN, par. 10.7.1, formula 130 ed espressa dall' equazione $\frac{\sigma_{t,90,d}}{\tau} + \frac{\tau_{R,d}}{\tau} \le 1$ da specificare nelle direzioni 0 ed 1;

- **Verifica DIN (131)** N-/M/Vroll Verifica come da DIN, par. 10.7.1, formula 131 ed espressa dall' equazione $\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} + \frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \le 1$ da specificare nelle direzioni 0 ed 1;
- **Verifica M inc DIN (D.26)** Verifica come da formula $\left(\frac{\tau_{tor,d}}{f_{tor,d}}\right) \le 1$ con momento calcolato secondo

DIN, App. D, formula D.26;

• Verifica connettori piede (verifica disponibile se sono presenti pareti nel modello) Verifica come da formula $\left(\frac{V}{L}\right) / \left(\frac{r_{vpk} \cdot k_{mod}}{L}\right) \le 1;$

ormula
$$\left(\frac{1}{L}\right) / \left(\frac{\gamma_{\text{ph}}}{\gamma_{\text{connessioni}}}\right) \le 1;$$

- Verifica connettori testa (verifica disponibile se sono presenti pareti nel modello) Verifica come da formula $\left(\frac{V}{L}\right) / \left(\frac{r_{vtk} \cdot k_{mod}}{\gamma_{connessioni}}\right) \le 1;$
- Verifica hold-down (verifica disponibile se sono presenti pareti nel modello) Permette di visualizzare, mediante mappa di colore, i risultati della verifica hold-down;
- Orientamento fibre Permette la visualizzazione di risultati nella direzione; il sistema di riferimento locale dell'elemento visualizzato ha l'asse blu diretto verso il senso crescente del numero degli strati;
- Mostra dir. secondaria Permette la visualizzazione dei risultati nella direzione 1; tutte le mappe precedentemente descritte possono essere specificate sia nella direzione 0 sia nella direzione 1: questo comando permette di passare tra un set di risultati e l'altro;
- □ **Snellezze 3-3** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno all'asse 3-3 locale;
- □ **Snellezze 2-2** Permette la visualizzazione dei valori della snellezza degli elementi per flessione attorno all'asse 2-2 locale;
- □ *Luce libera 3-3* Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno all'asse 3-3 locale;
- □ Luce libera 2-2 Permette la visualizzazione dei valori della lunghezza libera di inflessione per flessione degli elementi attorno all'asse 2-2 locale;
- **Sospendi** Permette la sospensione dell'attività di controllo della progettazione.

Si sottolinea che le verifiche SLU sono espresse dal rapporto tra domanda e capacità, affinché la verifica sia positiva il rapporto deve essere inferiore o uguale a 1.

Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento in legno per progettazione con EC5

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della progettazione, relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. <u>Premere</u> il comando:



Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione, relativi al singolo elemento.

 Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare Click con il mouse sull'elemento che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame. Per gli elementi D2 in legno sono riportati:

- Stato di progetto e verifica Riporta per le verifiche effettuate: Tenso-flessione, Presso-flessione, Taglio-torsione, Stabilità, Flesso-torsione; i codici relativi (OK Verifica, Nv non verifica, non richiesta);
- Tensioni normali (trazione) Riporta:
 - il valore del coefficiente di verifica per tenso-flessione (formula 6.17, EC5) e, tra parentesi, le tre componenti della formula 6.17;
 - il valore del coefficiente di verifica per tenso-flessione (formula 6.18, EC5) e, tra parentesi, le tre componenti della formula 6.18;
 - o la combinazione in cui si effettua la verifica e le sollecitazioni corrispondenti;
 - il coefficiente km (paragrafo 6.1.6, EC5);
- Tensioni normali (compressione) Riporta:
 - il valore del coefficiente di verifica per presso-flessione (formula 6.19, EC5) e, tra parentesi, le tre componenti della formula 6.19;
 - il valore del coefficiente di verifica per tenso-flessione (formula 6.20, EC5) e, tra parentesi, le tre componenti della formula 6.20;
 - o la combinazione in cui si effettua la verifica e le sollecitazioni corrispondenti;
 - o il coefficiente km (paragrafo 6.1.6, EC5);
 - Tensioni tangenziali Riporta (formule 6.16 e 6.14):
 - il valore del coefficiente di verifica per taglio e torsione ottenuto per quadratura dei coefficienti di

verifica per taglio e torsione secondo la formula $\frac{\tau_{tor,d}}{k_{sh}f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 \le 1$, le due componenti della

formula precedente, con il taglio in direzione 2;

 \circ I valore del coefficiente di verifica per taglio e torsione ottenuto per quadratura dei coefficienti di

verifica per taglio e torsione secondo la formula
$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{sh}f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right) \le 1$$
, le due componenti della

formula precedente, con il taglio in direzione 3;

- o la combinazione in cui si effettua la verifica e le sollecitazioni corrispondenti;
- o il coefficiente ksh (k_{shape} paragrafo 6.1.8, EC5);
- Stabilità riporta:
 - il valore del coefficiente di verifica per presso-flessione per elementi con snellezza > 0.3 (formula 6.23, EC5), le tre componenti della formula 6.23;
 - il valore del coefficiente di verifica per presso-flessione per elementi con snellezza > 0.3 (formula 6.24, EC5), le tre componenti della formula 6.24;
 - o la combinazione in cui si effettua la verifica e le sollecitazioni corrispondenti
 - I coefficienti lam ry, kcy, lam rz, kcz : snellezze attorno agli assi 3 e 2 e coefficiente kc (formula 6.25) riferite agli assi 3 e 2;
- Svergolamento riporta:
 - il valore del coefficiente di verifica a svergolamento (formula 6.35, EC5) e, tra parentesi, le due componenti della formula 6.35 per sollecitazione di momento flettente M2 (relative allo sforzo normale e al momento flettente);
 - il valore del coefficiente di verifica a svergolamento (formula 6.35, EC5) e, tra parentesi, le due componenti della formula 6.35 per sollecitazione di momento flettente M3 (relative allo sforzo normale e al momento flettente);
 - o la combinazione in cui si effettua la verifica e le sollecitazioni corrispondenti
 - I coefficienti lam sy, kcry, lam sz, kcrz: snellezze attorno agli assi 3 e 2 e coefficiente kcr (formula 6.34) riferite agli assi 3 e 2;
- Deformazioni riporta i valori delle massime deformazioni <u>iniziale</u> in combinazione Rara, Frequente e quasi Permanente e i valori delle massime deformazioni <u>a tempo infinito</u> in combinazione Rara, Frequente e quasi Permanente. Questi ultimi calcolati sommando per ogni caso di carico sia il valore istantaneo che il valore ottenuto dall'aliquota quasi-permanente amplificata del fattore kdef (formula 2.2 e 2.3). In termini analitici il contributo del caso di carico con coefficiente di combinazione Psi (diverso da 0) è Psi + kdef * Psi2

Impiegando l'apposito cursore è possibile controllare i risultati in varie posizioni lungo l'asse dell'elemento. Facendo Click con il mouse sui simboli + è possibile visualizzare il contenuto delle cartelle relative ai vari tipi di verifiche.

Premere il consueto tasto di chiusura della finestra.



Controllo dei risultati relativi ad un singolo elemento XLAM per progettazione con EC5

Per effettuare la visualizzazione dei risultati della progettazione relativi ad un singolo elemento della struttura, è necessario attivare i seguenti comandi:

1. <u>Premere</u> il comando:



Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione relativi al singolo elemento.

- Per la visualizzazione delle informazioni è necessario, una volta attivato il comando, fare Click con il mouse sull'elemento che si desidera controllare; nella *Finestra di controllo generale* sono riportati tutti i risultati della progettazione relativi all'elemento in esame.
 - Per gli elementi D3 sono riportati:
 Stato di progetto e verifica Riporta per le
 - Stato di progetto e verifica Riporta per le verifiche effettuate (tensoflessione, pressoflessione, presso-tensoflessione, taglio-torsione, rolling e trazione, rolling e compressione) i codici relativi (OK = verifica, NV = non verifica, nd = non effettuata); inoltre, specifica, per le direzioni 0 ed 1 rispettivamente, i valori rigidezza flessionale (Bb), a taglio (S), il termine per calcolare le quote afferenti ai piani A e B (FA-B) e le quote afferenti ai piani A (Qa) e B (Qb);
 - Verifica per tensoflessione Riporta, per le direzioni 0 ed 1:
 - o il valore del coefficiente di verifica per tensoflessione (DIN, par. 10.7.1, formula 127)
 - o la combinazione di carico in cui si effettua la verifica;
 - lo strato del pannello in cui si effettua la verifica;
 - o le sollecitazioni corrispondenti;

i moduli di resistenza relativi a ciascuna azione; dividendo il valore di ciascuna azione (es. Ma=9.43) per il corrispondente modulo di resistenza (Moduli rel.=4.61) si ricava il relativo sforzo.

- Verifica per pressoflessione Riporta, per le direzioni 0 ed 1:
- o il valore del coefficiente di verifica per pressoflessione (DIN, par. 10.7.1, formula 128)
- \circ la combinazione di carico in cui si effettua la verifica;
- o lo strato del pannello in cui si effettua la verifica;
- o le sollecitazioni corrispondenti;
- i moduli di resistenza relativi a ciascuna azione; dividendo il valore di ciascuna azione (es. Ma=9.43) per il corrispondente modulo di resistenza (Moduli rel.=4.61) si ricava il relativo sforzo;
 Inoltre, viene riportato il valore del coefficiente di verifica per la stabilità, con il fattore critico e le relative sollecitazioni;
- Verifica per presso-tensoflessione Riporta, per le direzioni 0 ed 1:
 - il valore del coefficiente di verifica per presso-tensoflessione (riferimento tecnico dell' Università di Monaco, par. 5.5.1.1, formula 5-45. Questa verifica, nel caso di gusci e solai, è sostitutiva delle verifiche V.127 e V.128);
 - la combinazione in cui si effettua la verifica;
 - o lo strato del pannello in cui si effettua la verifica;
 - o le sollecitazioni corrispondenti;
 - i moduli di resistenza relativi a ciascuna azione; dividendo il valore di ciascuna azione per il corrispondente modulo di resistenza si ricava il relativo sforzo;
 - Verifica per taglio-torsione Riporta, per le direzioni 0 ed 1:
 - o il valore del coefficiente di verifica per pressoflessione (DIN, par. 10.7.1, formula 129)
 - o la combinazione di carico in cui si effettua la verifica;
 - o lo strato del pannello in cui si effettua la verifica;
 - o le sollecitazioni corrispondenti;
 - i moduli di resistenza relativi a ciascuna azione; dividendo il valore di ciascuna azione (es. Va=0.19) per il corrispondente modulo di resistenza (Moduli rel.=6.15) si ricava il relativo sforzo; Inoltre, viene riportato il valore del coefficiente di verifica per la stabilità, con il fattore critico e le relative sollecitazioni;
- Verifica per rolling e trazione Riporta, per le direzioni 0 ed 1:
 - o il valore del coefficiente di verifica per rolling e trazione (DIN, par. 10.7.1, formula 130)
 - o la combinazione di carico in cui si effettua la verifica;
 - o lo strato del pannello in cui si effettua la verifica;
 - o le sollecitazioni corrispondenti;
 - i moduli di resistenza relativi a ciascuna azione; dividendo il valore di ciascuna azione (es. Ma=9.43) per il corrispondente modulo di resistenza (Moduli rel.=126.75) si ricava il relativo sforzo;
- Verifica per rolling e compressione Riporta, per le direzioni 0 ed 1:
 - o il valore del coefficiente di verifica per rolling e compressione (DIN, par. 10.7.1, formula 131)
 - o la combinazione di carico in cui si effettua la verifica;
 - o lo strato del pannello in cui si effettua la verifica;
 - o le sollecitazioni corrispondenti;
 - i moduli di resistenza relativi a ciascuna azione; dividendo il valore di ciascuna azione (es. Ma=9.43) per il corrispondente modulo di resistenza (Moduli rel.=126.75) si ricava il relativo sforzo. Inoltre, viene riportato il valore del coefficiente di verifica per la stabilità, con il fattore critico e le relative sollecitazioni;
- Controllo torsione di incollaggio Riporta:
 - il valore del coefficiente di verifica per il controllo delle tensioni di incollaggio (DIN App. D, formula D.26);
 - o la combinazione di carico in cui si effettua la verifica;
 - o il momento di incollaggio e, tra parentesi, la rigidezza torsionale.
- Verifica collegamenti (disponibile se nel modello sono presenti pareti) Riporta, con riferimento al piede e in testa al pannello:
 - il valore del coefficiente di verifica per il controllo delle tensione nelle connessioni (calcolata tenendo conto dell'azione tagliante e dei parametri definiti nella *tabella dei criteri di progetto*);
 - o la combinazione di carico in cui si effettua la verifica;
 - o la sollecitazione tagliante;
 - il valore del coefficiente di verifica per il controllo delle tensione nell'hold-down (calcolata tenendo conto dell'azione assiale e flettente e dei parametri definiti nella *tabella dei criteri di progetto*);
 - o la combinazione di carico in cui si effettua la verifica;

o le sollecitazioni assiali e flettenti rispettivamente.

Impiegando l'apposito cursore è possibile controllare i risultati nei quattro nodi dell'elemento. Facendo Click con il mouse sui simboli + è possibile visualizzare il contenuto delle cartelle relative ai vari tipi di verifiche.

Premere il consueto tasto di chiusura della finestra.





Stato di progetto e verifica Verifica per tensollescione		200	1		
Veiñca per pressollessione		1			
Valifica per prezso-tenzollezsione	100				
Varifica per teglio-toraione	.248				
Vetifica per rolling e trazione					
Verifica per roling e compressione	249				
Controllo torsione di incolleggio	Genera	Sincronia	Generaterot		
Venica collegementi Venica Collegementi	esecutivá	report	Genniatebort		
Venice Lons, Frede: 0.20 in citie. B per v = 2006.34	- Nodo corrente - 2	250	A.U		

Controllo dei risultati relativi ad un solaio XLAM

Per accedere ai risultati della progettazione relativi ad un solaio XLAM della struttura è necessario usare il comando Edita proprietà per accedere alle proprietà del solaio e cliccare sul comando Vedi:

E Mo	dello d trola	i calcol	n Acor Idi	grista	\odot										
Scher	na statico	o del sola	io		~								_		
ہے Agg, Sn	⊟ Agg,	i Dx Elir	X nina	Sb. S	n Sb. D	x Aggio	ma	► Taglio	⊾ Mor	≠ 🗐 nento Invi	I. A	🚝 Armatura	Archivia		
Campata n. 1 [x]	Stato nd (n	Luce as 500	si F+ O	0	Gsk [daN/ 275	m2] Qsk [d 400	aN/ m2]	0 0	<u>М</u> О	Sezione Sezione no	Inter. 1	Materiale XLAM Ia	Criterio Criterio d	Stratigrafia	
							Elen (neg. Tagli	ollecita: 	zioni (ur 0.0 V = -2992.1 0.0 V = zioni N verific cia =-23 cia =-22 uenza = cia per cità per	itarie) 23.94 (sinistra) 9 (pos. 250.00) -23.94 (destra) cato) 1.62 (lim. 14.29) 1.12 (lim. 10.00) 2.08 (Hz) (pref 1 kN =-1.59 [n 1 Ns =1.26 [m 700 kL 0.00 for 0.5	[mm] (c [mm] (q eribile >) mm] (pre m/s] (pre 0.0	aratteristica is juasi permane 8.) eferibile < 2.) eferibile < 4.44 contract of the Assegn	tantanea) nte a tempo in .)	finito)	
Sollec. Indica Deform Verifica	itazio le soll M- (; V (si M+: relat M- (i V (di nazio a della Frec freco	ni ecitaz sinistra inistra mom civa po destra estra) ni o stato cia ini ostato	tioni a): m): tag ento osizico): mo : tagl o defo carat ziale	prese ome glio a flett one omer lio all orma terisa ed il	enti nel nto flet ll'estrer ente po nto fletto 'estrerr tivo del tica ista valore i di prog	solaio tente ne no sinis ositivo n ente neg to destro solaio antanea limite co	egativ tro mass gativo o): rip alcol	o all imo o all'o porta ato i	'estr in c estre i il n ba	remo sin campata emo des valore i c ise a qua	istro con tro della anto	Collection Solidary Colle	Lazioni (unitarie = 0.0 V =23.94 + =2992.19 (pos = 0.0 V =-23.9. nazioni ION verificato) socia = -23.62 (li socia = -23	(sinistra) (sinistra) (destra) 4 (destra) m. 14.29) [mm] (caratteristi m. 10.00) [mm] (guasi perm (Hz] (preferibile < 8.) =1.59 [mm/s] (preferibile < =1.26 [mm/s] (preferibile < verificato)) 0.15 VA=0.77 VB=23.17 0.52 MA=0.0 MB=0.0 VA 0.52 MA=0.0 MB=0.0 VA 0.52 MA=0.0 MB=0.0 VA 0.51 A 0 MA=0.0 1 M MB=1 0.51 A 0 MB=0.0 M MB=1 0.51 A 0 M M MB	2a istantanea) anente a tempo infinito) 2.) 4.44) =0.77 VB=23.17 =0.77 VB=23.17 2896.05

pos=250.00: V128=1.26 MA=96.14 MB=2896.05 pos=500.00: V129=0.15 VA=0.77 VB=23.17

pos=500.00: V130=0.52 MA=0.0 MB=0.0 VA=0.77 VB=23.17 pos=500.00: V131=0.52 MA=0.0 MB=0.0 VA=0.77 VB=23.17

- *Freccia (quasi permanente a tempo infinito)*: riporta il valore della freccia a tempo infinito ed il valore limite calcolato in base a quanto impostato nei criteri di progetto
- *Frequenza*: disponibile solamente se nei criteri di progetto sono attive le verifiche delle vibrazioni. Rappresenta il valore di frequenza valutata secondo la formula 2.1-2 delle Norme SIA 265 e la formula 7.5 di par. 7.3.3 di EC5 e successivamente modificata per tenere conto dei vincoli (sarebbe preferibile un valore di frequenza > 8 Hz)
- Freccia per 1 kN: disponibile solamente se nei criteri di progetto sono attive le verifiche delle vibrazioni. Rappresenta il valore dello spostamento relativo ad un carico di 1 kN valutato secondo la formula 2.1-9 delle Norme SIA 265 e successivamente modificato per tenere conto dei vincoli (sarebbe preferibile un valore di spostamento < 2 mm)
- Velocità per 1 Ns: disponibile solamente se nei criteri di progetto sono attive le verifiche delle vibrazioni. Rappresenta il valore di velocità per 1 Ns valutata secondo la formula 2.1-14 delle norme SIA 265 (sarebbe preferibile che il valore della velocità fosse minore del valore di confronto calcolato secondo la formula 2.1-13 delle Norme SIA 265)
- Accelerazione per 700 N: disponibile solamente se nei criteri di progetto sono attive le verifiche delle vibrazioni. Rappresenta il valore di accelerazione relativa ad una forza di 700 N secondo la formula 2.1-8 delle Norme SIA 265 (sarebbe preferibile un valore di accelerazione < 0.1 m/s²)

Progettazione

Verifica in SLU del solaio. Per ogni punto di verifica lungo l'asse viene riportato:

- pos: ascissa del punto di verifica
- V129: risultato della verifica a pressoflessione secondo la formula 129 delle DIN
- V130: risultato della verifica a rolling e trazione secondo la formula 130 delle DIN
- *V131*: risultato della verifica a rolling e compressione secondo la formula 131 delle DIN
- *Va, Vb, Ma, Mb*: moduli di resistenza relativi a ciascuna azione. Dividendo il valore di ciascuna azione per il corrispondente modulo di resistenza si ricava il relativo sforzo

Nella finestra Schema statico del solaio sono presenti i seguenti comandi:

- Taglio: visualizza il diagramma del taglio
- *Momento*: visualizza il diagramma del momento
- Inviluppo: visualizza l'inviluppo delle sollecitazioni utilizzato per la progettazione

Nella finestra Schema statico del solaio sono riportate le seguenti informazioni:

- Campata: numero della campata a partire da sinistra
- Luce assi: luce degli assi delle campate
- *Gsk*: carico permanente
- Qsk: Carico accidentale
- %isos: percentuale di carico da assegnare con schema isostatico
- *Minc.*: momento di incastro del primo estremo della campata di solaio
- *Materiale*: materiale assegnato al solaio
- Criterio: criterio di progetto assegnato al solaio
- Stratigrafia: stratigrafia del pannello XLAM assegnata al solaio
- *Momenti q*I*I/ (negativi)*: momenti flettenti negativi ai due estremi del solaio, espressi come denominatore dell'espressione q*I*I/x
- *Taglio* q*l*: tagli alle due estremi del solaio, espressi come coefficiente moltiplicatore dell'espressione q*l*y

Analisi di resistenza al fuoco di una sezione in legno

Definizione proprietà della sezione in legno

Per la definizione delle proprietà della sezione in legno è necessario attivare il comando **Sezioni** del menù **Dati struttura.** Viene visualizzata la seguente finestra:

Taballa dalle sezioni 🔟	Tabella delle sezioni	
Del sectore Arestantarianosensie Arestans brightdruide Sectore generative Profil secoppidal 	Sectors geneticities Profile socrado Profile socrado Profile socrado Solidita cla Dattractories Progetto accuato Verifica socrado Solidita cla A 22107 12-2 2450 567 13-3 1770.967 A V2 (800 W 2-2 502.867 W 3-3 507.333 A V3 (807 Wb 2-2 900 Wb 3-3 507 A V3 (807 Wb 2-2 900 Wb 3-3 507 A V3 (807 Wb 3-3 800 14.0 14.0 LR A 100 VR (3-100) 100 100	Unaperca
Copes Include Annula Eacl Jouritory b=14.00 h =16.00 /1	Analai nomitenza el fuoco Linita'in cm Gog puntors: lo=14.00h =16.00 Anol	Aa Ead Kaa Tada

Selezionare la voce Usa per acciaio-legno.

Selezionare Applica.

Nella stessa finestra, selezionare la voce **Dati Sezione** e successivamente **Analisi resistenza al fuoco.** Nella finestra **Analisi della resistenza al fuoco della sezione** è possibile selezionare i lati esposti a incendio.

È possibile identificare un lato della sezione come *Esposto*, *Non Esposto* o *Adiabatico* cliccando con il tasto sinistro del mouse sulla relativa colonna. E' possibile inoltre selezionare <u>solo un tratto</u> di sezione sottoposto a incendio, indicando la lunghezza della sezione esposta e di quella non esposta.



Cornice Velocità di carbonizzazione

Cliccare sul tasto Aggiorna per applicare le modifiche ai lati di esposizione.

La velocità di carbonizzazione può essere impostata in due diverse modalità: *da materiale* o indicando manualmente la penetrazione in funzione del tempo di esposizione a incendio, selezionando la casella *Sezione protetta* e indicando manualmente i parametri.

bits. Trata	240	Duty Dat	turo	544		-
ao 1 14 do 2 18 ao 2 14 ao 4 16	Equato Depoito Non electrite Electrico	a ba a ba a ba	equals 0 repairs 0 vecanis 0 equals 0	Non-espons Non-espons Non-espons Non-espons	2	
shelt draft Facesere	and a	- Dx andre)	ov 8-1480 x -1680		-
180 120 120	11 111 111					
	- ar					
t galant		Supervision of the		_		
Lapor Robot	na	for the second	-11			

Attivando il comando **Avanzate** viene visualizzata la finestra *Dati per analisi del transitorio termico e verifica capacità portante* per la definizione dei parametri e dei coefficienti per l'analisi termica. E' possibile definire **Gw,fi** per il legno, impostato di default pari a 1 (par. 2.3 UNI-EN 1995-1-2-2004).

i cambio d	i calore con fa	avbiente	Eurye relative al congloniesato
frat,d =	diec* (Tg - T	n) "n + anaz 18 1 (TAg "4 - TAm"4)	Terceronation () 17 ISOB34
Laloes	owo		Conclucibilità de ITL
8182	0.56	ionitis. Isultante (naggiamento)	El III
alac	2	coelf. scanbio (corwezione)	Lates (pecaco ca (1)
expri	1	espanenie	Mazza cli (1)
Letono	n espocito		1-
0100	0.56	ienios (icultante (inaggiamento)	
alac	9	coeff. scanbio (convectore)	
ярн	1	expensente	
B	5.26-000	postante di Stelan-Boltzmann	Curve tempo-temperature
Ta	273	tomperatura aesoluta	Vabri di datauti per verifiche
laixiteri.	Talearda		Classe 128 Jempo di esposizione R
16	0.05	per elementi di contorno	Ec.fl 1.2 coeft di sicuezzi celcestruzzo
0	0.05	per la matrice sistema	Gali 1 coeft di sicuezzi accisto
DT	1	intervalo di calcolo (minuti)	GM1 1 coeft di sicuteatr kogno

Al termine della definizione dei parametri premere il comando *Applica*.

Cliccando sul pulsante **Usa per verifica** è possibile esportare un file BMP che rappresenta l'area della sezione residua, funzione del *Tempo di esposizione*.

Lato Trato	Stats 1	salto.	State	Tratto	State	And a second sec
Lato 1 14 Lato 2 16	Espe. (Espe. (1	Non	0	Non	
ato 4 16	Eopt.	1	Non	ő	Non.	1 2
Velocità di cab	onizzasione		D=15	Duritonii t	=14 00h =16	00
C Sectione pro	atta @ Da	noter	1			
Tempo (nm)	Peretaco	rajum)			N	
000	0.0	- 19				
80,0	30.0	- 1				
50.0	25.0					
70.0	40.0	1				
Aggiorna	1.0000					
Avanuate						
Esponizione 1	5 nin#					
Erro	10 mar - 21	Legro g	anfi	11	Capacità	15 N. 70 Esci
-	<u></u>		1913	1	2.11	M22 #
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		CODOTE	Discount	11.75		M22 168 0.

Se non viene attivato questo comando, il tempo di esposizione viene impostato di default al valore indicato nella tabella delle proprietà avanzate.

Cornice Esposizione

Modificando il valore del *Tempo di esposizione* tramite l'apposito cursore, la sezione ridurrà l'area residua fino ad un valore di carbonizzazione limite. Ciò verrà segnalato tramite l'avviso: *Valore di Carbonizzazione non ammesso per la Sezione.*

pswin	8
Lato Trato Sis Lato 1 14 Lato 2 16 Lato 3 14 No Lato 4 16 Es	Valore di carbornizzazione non arramento par la vezione.
2011.	CK
Velocità di cadonizzazione	(>90) puntore b=14.00 h =16.00
C Sectore protetta 🕫 Da nate.	
Terror Intel Resetutioneland	
Enn fin	
100 H00	
MTD HTD	
90.0	
100 000	
Annie I marinem	
aggiorno Una per vennos	
Avarunate	1
Espandare 90 minut	E Contraction of the second
Legroy	panel P Explosite V Esci
Tatus	M22 1111
Larbon	NO 182 CEM 00.01

In basso a destra vengono indicate le capacità % residue della sezione soggetta all'esposizione incendio corrente.

Definizione proprietà del materiale

Per la definizione delle proprietà del materiale è necessario attivare il comando: *Materiali* del menù *Dati* struttura

Viene visualizzata la seguente finestra:
Tabella dei materiali 📃 🗾		
		(225)
- Materiale corrente	Determone proprietal materiala tipo legno	100.00
	Restat. 1:0k = [215.0 Restat. 10k = [140.0	-
leano E = 1.100e+05	Restat. frik. = [245.0] Restat. Fvk. = [25.5	and the second s
	Description and the second second	ALC: NOT
	Peac apec = 0.0004 Caeff at a = 11 Milde (15	Constant of the local diversion of the local
	Elos plastico - No Lavellare - No	and the second s
	Modulo E1 - 11.1000e-05 Nodulo E2 - 11.1000e-05	
	Poisson 1 = [50 Passon 2 = [55	
Copia Incolla 🚺 🕂 📑 🛛	Work G = 5500 ft E.M/Ered = 0 5727	
	(Vilajon trade 58	
Applica Appulla Elimina		
Applica Annulia Elimina	OK Bei	

E' possibile selezionare la tipologia di legno massiccio/lamellare cliccando con il mouse sulla finestra *Lamellare.*

Nel caso di legno lamellare viene adottato nei calcoli un fattore Kfi pari a 1.15.

Nel caso di legno massiccio viene adottato un fattore Kfi pari a 1.25. (par. 2.3 UNI-EN 1995-1-2-2004).

Il parametro V Bn è il tasso di carbonizzazione. (vedi tabella 3.1 UNI-EN 1995-1-2:2004).

Impostazione delle combinazioni di carico agli Stati Limite Ultimi

Per le verifiche di resistenza al fuoco sono necessarie: combinazioni agli S.L.U. e SLE per la progettazione; combinazioni S.L.U. (acc.) per la verifica di resistenza al fuoco.

Le combinazioni possono essere modificate senza ripetere l'analisi della struttura.

Per la definizione delle proprietà del materiale è necessario attivare il comando:

Dati di carico ► Combinazioni

Nella Tabella delle combinazioni premere i seguenti comandi:

S.L.U. strutt.

S.L.U. accid.

S.L.E. perm.

I moltiplicatori dei casi carico possono essere modificati facendo Click con il mouse sul numero riportato. Definizione dei Criteri di progetto ed esecuzione della progettazione Contesto ► Assegnazione dati di progetto

Leano

SLL	J:	1.5	SI	SMA	x 1.1				
Km	od:	Perma	. Lu	nga	Mec	lia	Breve	Istant.	Kdef:
e	1	0.6	0.1	7	0.8	8	0.9	1	0.6
C	2	0.6	0.7	7.	0.8	s J	0.9	1	0.8
C	3	0.5	0.	55	0.6	5	0.7	0.9	2
Tra	avi e	aste			1	_ Pi	lastri		
	Beta	a B	eta x L	2			Beta	Beta x L	
1-1	1	0		V	Auto	1-1	1	0	
2-2	1	0	ĝ.	₹.	Auto	2-2	2	0	Assegnato
3-3	1	0	ę.	V	Auto	3-3	2	0	Assegnato
	0.8		er Ast	e	i.	1	A.100		

Dati di progetto ► Criteri di progetto

Viene visualizzata la finestra per l'assegnazione dei parametri di progettazione degli elementi strutturali. Attivare la cartella Legno che riporta il riferimento alla classe di servizio e alle snellezze, che devono essere gestite all'interno dei criteri di progetto delle aste, delle travi e dei pilastri in acciaio.

Contesto ► Esecuzione progettazione ► Stati Limite

Tramite questo comando, viene eseguita la progettazione con le combinazioni di tipologia SLU e SLE.

Esecuzione della progettazione resistenza al fuoco

Contesto ► Esecuzione progettazione ► Resistenza al fuoco

Tramite questo comando, viene rieseguita la progettazione, considerando le sezioni ridotte dalla carbonizzazione e la combinazione di carichi "SLU Accidentale".

I risultati della verifica di resistenza possono essere visualizzati mediante il comando:

Verifica di resistenza al fuoco che presenta il menu delle opzioni di visualizzazione dei risultati.



Stato progetto D2 legno Permette la visualizzazione, mediante colori, del risultato di verifica positiva o negativa.

Colore rosso ► elementi non verificati,

Colore ciano ► *elementi verificati,*

Colore giallo ► elementi non progettati (non soggetti a incendio).

Sfruttamento % sfruttamento degli elementi strutturali espressi, in percentuale, come il maggiore dei rapporti successivi;

Verifica N+/M: Verifica per tensoflessione.

Verifica N-/M: Verifica per pressoflessione.

Verifica V/T: Verifica taglio torsione.

Stabilità: Verifica come da formula 6.23 e 6.24 per pressoflessione di elementi con snellezza relativa in un piano maggiore di 0.3

Svergolamento: Verifica come da formula 6.35 (effettuata in entrambi i piani principali) per instabilità laterale.

Inviluppo: Permette la visualizzazione dell'inviluppo delle sollecitazioni con cui viene realizzata la progettazione al carico d'incendio degli elementi D2. Si possono visualizzare i diagrammi di inviluppo delle seguenti sollecitazioni: Sforzo Normale, Taglio 2-2, Taglio 3-3, Mom. Torcente, Momento 2-2, Momento 3-3

Isola non verificati: permette di realizzare il filtro e la visualizzazione degli elementi non verificati.

Capitolo 14

Generazione delle immagini, degli esecutivi della struttura, della relazione di calcolo e degli altri elaborati

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la generazione degli esecutivi degli elementi strutturali e per la produzione di immagini della struttura.

- · Generazione delle immagini della struttura e dei risultati
- Generazione degli esecutivi della struttura
- Generazione della relazione di calcolo
- Generazione dei computi
- · Generazione dei piani di manutenzione dell'opera

Generazione delle immagini della struttura e dei risultati

La generazione delle immagini della struttura, dei risultati dell'analisi e della progettazione avviene mediante il comando *File* ► *Stampa* ► *Esporta immagini*, attivo in tutti i contesti di lavoro di *PRO_SAP*.



Possono essere prodotte immagini in formato .bmp, .jpg, .gif, .png

Con il comando *File* ► *Stampa* ► *Imposta immagini* è possibile accedere alla finestra *Impostazioni per immagini e stampe* che consente di personalizzare la grafica delle immagini da stampare e di impostare una serie di stampe.

Philomodelle lautei 🗭 ModelleEETAPSP Philomedelle lautei 🗭 PISLICTATI 0001/Come SLU AI 1	ntegnatine teste
Interlatione Progetto (mai: 2 lights) Interfactorie Utente (mai: 2 rights) Interfactorie Utente (mai: 2 rights) Interfactorie Utente (mai: 2 rights)	Agensantema Rectiludiente F
Teato Copyright	Dimensione cartigio in percentuale (*) (*) Oriversione area grafica (*) naziona area grafica (*) naziona (*) (*)
	CONTRACT ST. P.

La finestra Impostazioni per immagini e stampe contiene i seguenti comandi

- Titolo modello: permette di indicare il nome del modello da riportare nella tavola
- Titolo tavola: permette di indicare il titolo della tavola
- Titolo legenda: permette di indicare il titolo della legenda
- Intestazione progetto: consente di indicare le informazioni sul progetto che verranno riportate nella tavola
- Intestazione utente: consente di personalizzare le informazioni sull'utente che verranno riportate nella tavola
- *Testo copyright*: consente di personalizzare le informazioni sul copyright che verranno riportate nella tavola
- Font intestazioni: consente di personalizzare il carattere dei testi delle intestazioni
- Font risultati e mappe: consente di personalizzare il carattere dei testi dei risultati e della legenda
- *Imposta serie*: imposta una serie di stampe selezionando i casi di carico o le combinazioni di carico per cui stampare automaticamente la mappa corrente
- Aggiorna anteprima: aggiorna l'anteprima della tavola in base alle modifiche apportate ai parametri
- *Racchiudi vista*: se attivo fa in modo che nella tavola compaia sempre tutta la struttura; se non è attiva nella tavola compare la vista corrente della finestra grafica di *PRO_SAP*

- Dimensione cartiglio in percentuale: consente di impostare la percentuale dell'area della tavola occupata dal cartiglio
- *Dimensione area grafica*: consente di impostare la risoluzione dell'immagine. Lasciare zero per far impostare la risoluzione automaticamente a *PRO_SAP*.
- Ok: salva le modifiche e chiude la finestra Impostazione per immagini e stampe
- Annulla: annulla le modifiche e chiude la finestra Impostazione per immagini e stampe



Salvando le immagini nella cartella *data* del modello è possibile selezionarle in fase di stampa della relazione di calcolo perché vengano automaticamente inserite in relazione da *PRO_SAP* durante la scrittura.



Tra le opzioni di stampa della relazione di calcolo è disponibile un comando per la generazione automatica delle immagini. Il programma genera automaticamente le immagini del modello, dei carichi applicati, dei risultati delle analisi e dei risultati della progettazione. Per quanto riguarda i

risultati delle analisi il programma è in grado di determinare automaticamente quali sono le combinazioni di calcolo più significative e di generare le immagini solo per queste combinazioni. Per ulteriori informazioni sul comando si veda il paragrafo *Generazione della relazione di calcolo*.

Generazione degli esecutivi della struttura

Prima di generare gli esecutivi della struttura può essere utile controllare la definizione dei macroelementi e, se necessario, modificarla con i comandi illustrati al capitolo 5 della presente guida. Il programma, infatti, si basa sui macroelementi per riconoscere la geometria di travate, pilastrate, gusci, setti e pareti e generarne gli esecutivi. È anche possibile utilizzare il comando **Preferenze** ► **Numerazioni** per controllare la numerazione di impalcati e macroelementi: negli esecutivi gli elementi avranno la stessa numerazione assegnata in *PRO_SAP*.

La generazione degli esecutivi degli elementi strutturali può avvenire secondo due diverse modalità:

- 1. utilizzando il comando **Contesto ► Generazione esecutivi**; in questo modo possono essere generate le seguenti categorie di esecutivi:
 - Esecutivi carpenterie
 - Esecutivi travate c.a.
 - Esecutivi pilastri c.a.
 - Esecutivi plinti c.a.
 - Esecutivi setti/piastre c.a.
 - Esecutivi collegamenti
 - Esecutivi carpenterie acciaio
- 2. nel contesto di Assegnazione dati di progetto, dalla Finestra di controllo generale utilizzando il comando Genera esecutivi; saranno attivi solo i comandi per generare gli esecutivi compatibili con l'oggetto selezionato. In alternativa, anziché utilizzare il comando Controlla, è possibile cliccare nel box grafico della Finestra di controllo generale con il tasto destro del mouse. È possibile accedere alla Finestra di controllo generale utilizzando il comando Controlla e cliccando sull'elemento strutturale di cui si desidera l'esecutivo.





Con il primo metodo descritto è possibile raggruppare gli esecutivi degli elementi simili per geometria ed eseguire il progetto, le verifiche e generare il file dxf per l'intero gruppo; con il secondo metodo si può gestire solamente un singolo elemento alla volta.

Gli esecutivi di travate, pilastrate e setti-piastre, organizzati per gruppi di elementi, possono essere generati in qualsiasi contesto, *purché gli elementi siano già stati progettati*, mentre gli esecutivi degli impalcati possono essere generati in qualunque momento della sessione di lavoro. Tutti gli esecutivi generati dal programma sono inseriti nella sottocartella *Disegni* presente nella cartella *data* del modello. Gli esecutivi sono gestiti dai seguenti moduli:

- Carpenterie: gli esecutivi delle carpenterie hanno estensione .crp e vengono gestiti con il modulo PRO_CAD Disegno Carpenterie. Prima di generare gli esecutivi delle carpenterie si consiglia di nascondere i nodi che non appartengono a nessun impalcato e gli elementi solaio inclinati che hanno i nodi più bassi alla quota di un impalcato ed i nodi più alti alla quota dell'impalcato superiore. Si consiglia anche di controllare la numerazione degli impalcati. Nel caso di piano inclinato il programma rappresenta l'effettivo sviluppo della carpenteria. Per l'uso del modulo PRO_CAD Disegno Carpenterie fare riferimento al capitolo 15 della guida
- *Travate c.a.*: gli esecutivi delle travate hanno estensione .trv e vengono gestiti con il modulo *PRO_CAD Disegno Travi*. I file .trv vengono nominati in base alla seguente logica: la prima cifra è la quota a cui si trova la travata; la seconda cifra è il numero del nodo o del pilastro in cui inizia la travata e la terza cifra è il numero del nodo o del pilastro in cui termina la travata. Per l'uso del modulo *PRO_CAD Disegno Travi* fare riferimento al capitolo 16 della guida
- *Pilastri c.a.*: gli esecutivi delle pilastrate hanno estensione .pil e vengono gestiti con il modulo *PRO_CAD Disegno Pilastri*. Per l'uso del modulo *PRO_CAD Disegno Pilastri* fare riferimento al capitolo 17 della guida
- *Plinti e pali di fondazione*: gli esecutivi di plinti e pali di fondazione hanno estensione .pli e vengono gestiti con il modulo *PRO_CAD Disegno Plinti*. Per l'uso del modulo *PRO_CAD Disegno Plinti* fare riferimento al capitolo 19 della guida
- Setti e piastre: gli esecutivi di setti e piastre hanno estensione set e vengono gestiti dal modulo *PRO_CAD Disegno setti/piastre*. Per l'uso del modulo *PRO_CAD Disegno setti/piastre* fare riferimento al capitolo 18 della guida
- *Pareti*: gli esecutivi delle pareti sismiche e delle pareti estese debolmente armate hanno estensione .par e vengono gestiti dal modulo *PRO_CAD Disegno Pareti*
- Nodi delle strutture in acciaio: i collegamenti delle strutture in acciaio hanno estensione .nw6 e vengono gestiti dal modulo PRO_CAD Nodi acciaio. Per i collegamenti delle strutture metalliche PRO_SAP genera un solo esecutivo per ogni gruppo di oggetti con geometria analoga; il nodo generato verrà progettato e verificato con tutte le combinazioni di carico dei collegamenti che formano il gruppo. Per l'uso del modulo PRO_CAD Nodi acciaio si veda il capitolo 20 della guida
- Nodi delle strutture in legno: i collegamenti delle strutture in legno hanno estensione .nw7 e vengono gestiti dal modulo PRO_CAD Nodi legno. Per i collegamenti delle strutture in legno PRO_SAP genera un solo esecutivo per ogni gruppo di oggetti con geometria analoga; il nodo generato verrà progettato e verificato con tutte le combinazioni di carico dei collegamenti che formano il gruppo.
- Carpenterie delle strutture metalliche: gli esecutivi delle carpenterie delle strutture metalliche hanno estensione .dst e vengono gestiti dal modulo PRO_CAD Disegno acciaio. PRO_SAP, in base a due o più elementi selezionati, individua una macrostruttura piana di elementi in acciaio di cui genera l'esecutivo. Il modulo esegue anche il progetto e le verifiche delle connessioni per le strutture reticolari. Per l'uso del modulo PRO_CAD Disegno acciaio si veda il capitolo 21 della guida

Altri esecutivi

- Cerchiature: è possibile progettare le cerchiature, sia metalliche che in cemento armato, e generare l'esecutivo degli interventi locali di apertura vani in strutture in muratura con il modulo PRO_CAD Calcolo cerchiature
- Vani ascensori: è possibile disegnare automaticamente i vani ascensore con il modulo PRO_CAD Disegno Vani Ascensore
- Scale in c.a.: è possibile progettare le armature ed ottenere l'esecutivo delle scale in cemento armato con il modulo PRO_CAD Progettazione scale c.a.
- Solai e coperture in legno: è possibile progettare ed ottenere l'esecutivo di solai e coperture in legno con il modulo PRO_CAD Solai e tetti in legno
- Solai in lamiera grecata: è possibile progettare ed ottenere l'esecutivo di solai in lamiera grecata e soletta collaborante in c.a. con il modulo *PRO_CAD Solai e tetti in legno*

Generazione della relazione di calcolo

Per generare la relazione di calcolo è necessario utilizzare il comando **Contesto ► Relazione di calcolo** che permette di accedere alla finestra *Opzioni di stampa* che contiene le opzioni per la scelta dei dati e dei risultati da inserire nella relazione.

Opzioni di stampa		×
Generalità Usa MS Word Relaz. introduttiva Usa tabulatori Mostra stesura Dati in ingresso Materiali Sezioni Nodi Elem. D2 Elem. D3 Elem.Solidc Solai-pann. Progetto Carichi Casi di Carico Combinazioni	Relazione in italiano Genera immagini Selezione immagini Risultati analisi Fondazioni Spostam. Fendazioni Elem. D2 Elem. Solido Setti con Az Gusci con Ax Gusci con Ax 	n.righe tabella:tutte n. sezioni risultati:2 n. sezioni progetto:2 Impostazione risultati ✓ Usa filtro Stampa per combinazioni Avanzate
Progetto c.a. Progetto D2 Progetto D3 Progetto D3 (nodi) Progetto D3 e pareti Area Af per filtro 0	Esistenti Tecniche di rinforzo Progetto acciaio Progetto D2 Progetto D3	Verifiche e materiali diversi Verifiche legno Verifiche muratura Verifiche resist. al fuoco Verif. c.a. esistente q=1
Reset	ОК	Annulla

Vengono riportati in relazione solamente i dati degli oggetti visibili al momento dell'attivazione del comando, se necessario utilizzare i comandi *Nascondi* o *Visualizza tutto*.

Cornice Generalità

- Relazione introduttiva: consente di indicare se stampare o meno l'introduzione. L'introduzione si articola nei seguenti capitoli: Intestazione ed indice della relazione, Contenuti della relazione, Descrizione generale dell'opera, Normativa di riferimento, Criteri di analisi della sicurezza ed Origine e caratteristiche del codice di calcolo adottato
- Usa tabulatori: permette di utilizzare come separatore di colonna il tabulatore in sostituzione della tabella di Word, si riporta un esempio delle due diverse modalità di presentazione dei risultati: con tabulatori

Node	o Cmb	Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
	cm	cm	cm				
11	1.35e-03	-6.77e-04	-1.15	1.09e-04	-6.02e-04	3.98e-06	
21	1.36e-03	-4.71e-04	-1.11	9.69e-05	-6.51e-04	3.94e-06	

con tabella Word

Nodo	Cmb	Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		cm	cm	cm			
1	1	1.35e-03	-6.77e-04	-1.15	1.09e-04	-6.02e-04	3.98e-06
2	1	1.36e-03	-4.71e-04	-1.11	9.69e-05	-6.51e-04	3.94e-06

- *Mostra stesura*: visualizza o meno la stesura della relazione
- *Menù a tendina Lingua*: permette di selezionare la lingua in cui stampare la relazione di calcolo. Al momento sono disponibili italiano, inglese, tedesco
- *Menù a tendina Programma*: consente di selezionare il software da utilizzare per la stampa della relazione tra *PRO_WRT*, l'editor di testo di *PRO_SAP*; *Microsoft Word*
- *Menù a tendina Righe in tabella*: consente di specificare il numero di dati da riportare per ogni risultato che dovrà essere presente in relazione
- Menù a tendina Sezioni risultati: consente di specificare qual è il numero di risultati dell'analisi da riportare in relazione per ogni elemento strutturale, inteso come numero di sezioni dell'elemento per le quali saranno riportate i risultati
- *Menù a tendina Sezioni di progetto*: consente di specificare qual è il numero di risultati della progettazione da riportare in relazione per ogni elemento strutturale, inteso come numero di sezioni dell'elemento per le quali saranno riportate le verifiche

- *Genera immagini*: attiva la generazione automatica delle immagini più significative del modello di calcolo, dei carichi assegnati, dei risultati delle analisi e dei risultati della progettazione. Tra le opzioni è anche possibile indicare che queste immagini siano automaticamente inserite all'interno della relazione di calcolo.
- Selezione immagini: consente di selezionare le immagini precedentemente generate per inserirle automaticamente nella relazione di calcolo durante la stampa
- Stampa per combinazioni/Stampa per casi di carico: consente di indicare se riportare in relazione i risultati dell'analisi per combinazione di calcolo o per singolo caso di carico
- Usa filtro: riporta i risultati dell'analisi filtrando le combinazioni di calcolo come impostato dall'utente in Setta filtro
- Setta filtro: consente di impostare dei filtri per riportare in relazione di calcolo solamente le combinazioni di calcolo che l'utente ritiene più significative
- Avanzate: consente di impostare un filtro sui casi di carico o sulle combinazioni da riportare nella relazione
- *Reset*: deseleziona tutto

Cornice Dati in ingresso

Consente di selezionare quali sono i dati in ingresso, cioè i dati inseriti dall'utente per la generazione del modello, da riportare in relazione

Cornice Risultati analisi

Consente di selezionare quali risultati delle analisi riportare in relazione e di indicare se riportare i risultati per singolo caso di carico oppure se riportarli per combinazione di carico

Cornice Esistenti

Nel caso di progettazione di una struttura esistente, attiva la stampa dei risultati relativi alla progettazione degli interventi di rinforzo sulle strutture in c.a. ed in muratura

Cornice Progetto c.a.

Consente di selezionare i risultati relativi alla progettazione degli elementi strutturali in c.a. da riportare in relazione

Cornice Progetto acciaio

Consente di selezionare i risultati relativi alla progettazione degli elementi strutturali in acciaio da riportare in relazione

Cornice Verifiche e materiali diversi

Consente di indicare al programma di riportare in relazione i risultati relativi alla progettazione degli elementi strutturali in muratura, quelli relativi alla progettazione degli elementi strutturali in legno, i risultati delle verifiche di resistenza al fuoco e, nel caso di progettazione di edificio esistente, i risultati delle verifiche eseguite con il metodo dello spettro elastico

Generazione dei computi

La generazione del computo di massima della struttura modellata si attiva con il comando **Contesto** ► **Generazione computi** che permette di accedere alla finestra *Tabella per il calcolo del costo indicativo delle opere*.

Cubature	mc	incidenze(*) daN/mc	Euro/mc	totale	Carpenterie	mq	Euro/mq	totale
Plinti	0.0	0.0	130.0	0.0	Plinti	0.0	22.0	0.0
Travi rovesce	0.0	0.0	130.0	0.0	Travi rovesce	0.0	20.0	0.0
Travi elevazione	13.377	138.525	180.0	2407.844	Travi elevazione	122.622	35.0	4291.759
Pilastri	11.839	103.188	180.0	2131.11	Pilastri	99.66	35.0	3488.1
Platee	25.2	141.124	130.0	3276.0	Piastre	0.0	20.0	0.0
Piastre	0.0	0.0	150.0	0.0	Pareti	0.0	30.0	0.0
	0.0	0.0	150.0	0.0			,	,
Pareti	0.0	0.0	100.0	0.0			_	
Pareti Pali (*) incidenze otten possono ottenere	0.0 ute da armatur generando gli e	e di progetto e pertante secutivi con PRO_CAI	p solo indicative D.	e. I valori esatti si	Area solai e balcon	160.508	[esclusi dal c	omputo]
Pareti Pali (*) incidenze otten possono ottenere Acciaio	0.0 0.0 ute da armatur generando gli (kN	e di progetto e pertanto esecutivi con PRO_CAI	p solo indicative D. Euro/kN	e. I valori esatti si totale	Area solai e balcon	160.508	[esclusi dal c	omputo] totale
Pareti Pali (*) incidenze otten possono ottenere Acciaio Armature lente	0.0 0.0 generando gli (kN 66.311	e di progetto e pertant secutivi con PRO_CAI	solo indicative D. Euro/KN 100.0	e. I valori esatti si totale	Area solai e balcon Elementi in legno Pilastri	mc	Euro/mc	totale
Pareti Pali (*) incidenze otten possono ottenere Acciaio Armature lente Pilastri	0.0 0.0 ute da armatur generando gli d kN 66.311 0.0	e di progetto e pertant esecutivi con PRO_CAI	500.0 indicative 5. Euro/kN 100.0	totale [6:0] [6:0] [6:0] [6:0] [0:0] [0:0]	Area solai e balcon Elementi in legno Pilastri Travi e aste	mc 0.0	[esclusi dal c Euro/mc 0.0	totale
Pareti Pali (*) incidenze otten possono ottenere Acciaio Armature lente Pilastri Travi	0.0 0.0 ute da armatur generando gli « <u>kN</u> <u>66.311</u> 0.0 0.0	e di progetto e pertanto secutivi con PRO_CAI	Euro/KN 300.0 0.0 0.0 100.0 0.0 0.0	totale	Area solai e balcon Elementi in legno Pilastri Travi e aste Pareti XLAM	mc 0.0 0.0 0.0	Euro/mc 0.0 0.0 0.0	totale 0.0 0.0
Pareti Pali (*) incidenze otten possono ottenere Acciaio Armature lente Pilastri Travi Aste	0.0 0.0 ute da armatur generando gli e KN 66.311 0.0 0.0 0.0	e di progetto e pertanto secutivi con PRO_CAI	solo indicative Euro/kN [100.0 300.0 [0.0	0.0 totale 6631.061 0.0 0.0	Area solai e balcon Elementi in legno Pilastri Travi e aste Pareti XLAM Piastre XLAM	mc 0.0 0.0 0.0 0.0	[esclusi dal c Euro/mc 0.0 0.0 0.0 0.0	totale 0.0 0.0 0.0
Pareti Pali (*) incidenze otten possono ottenere Acciaio Acmature lente Pllastri Travi Aste	0.0 0.0 Ute da armatur generando gli (KN 66.311 0.0 0.0 0.0	e di progetto e pertanto secutivi con PRO_CAI	Euro/KN 300.0 300.0 0.0	0.0 e. I valori esatti si totale 0.0 0.0 0.0 0.0	Area solai e balcon Elementi in legno Pilastri Travi e aste Pareti XLAM Piastre XLAM Solai XLAM	mc 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	[esclusi dal c Euro/mc 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	totale 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
Pareti Pali (*) incidenze otten possono ottenere Acciaio Armature lente Pilastri Travi Aste	0.0 0.0 Ute da armatur generando gli « KN 66.311 0.0 0.0 0.0 era	e di progetto e pertante essecutivi con PRO_CAI	Solo indicative Suro/kN 100.0 300.0 0.0	0.0 e. I valori esatti si totale 0.0 0.0 0.0 0.0	Area solai e balcon Elementi in legno Pilastri Travi e aste Pareti XLAM Piastre XLAM Solai XLAM	mc 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	[esclusi dal c Euro/mc 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	totale 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Il computo generato da *PRO_SAP* è da considerarsi indicativo: le aree del ferro nel calcestruzzo non tengono conto degli ancoraggi. Il computo accurato è generato all'interno dei vari moduli *PRO_CAD*.

Il computo riguarda le sole parti della struttura visibili e progettate, sia che gli elementi strutturali siano verificati sia che non lo siano; se non si vuole che una parte della struttura sia tenuta in considerazione per il computo è sufficiente nasconderla alla vista.

Il calcolo si ottiene compilando le caselle riguardanti i prezzi unitari ed utilizzando il comando Aggiorna. È possibile esportare i dati in formato .csv utilizzando il comando Esporta dati presente nella finestra.

Generazione dei piani di manutenzione dell'opera

Per la compilazione dei piani di manutenzione dell'opera è possibile utilizzare il modulo *PRO_PM Piani di manutenzione*.

È possibile avviare il modulo *PRO_PM Piani di manutenzione* con il comando *Start (Avvio)* ► *Programmi* ► *PRO_SAP PROfessional SAP* ► *Moduli PRO_SAP* ► *PRO_PM Piani di manutenzione*.

Il modulo automatizza la scrittura dei piani di manutenzione consentendo all'utente di selezionare da un archivio preimpostato le indicazioni sull'uso e sulla manutenzione dei vari elementi strutturali. L'archivio è personalizzabile ed ampliabile dall'utente in modo da poter creare un database utilizzabile per ogni tipo di struttura.

construction of the second sec	_	The second
ondazioni	12	pargenera
Piré di tandazione	10	Frank I Privile
Plint di tendazione con biochere	E	Contre di Fisimoli di
Travi di fondazione	G	Indiazo
Platee di fondazione	E	
Pliné di fondazione su pali	17	
Plinii di landezione con biochiere su pali	C	Progettu
Travi di fondezione su pali	0	- AND ON
Platee di fondazione su pali	10	
Strutture verticali		
Pilestri in c. a	0	
Sellinca	17	Committenite
Colonne in acciaio	1	
Filastri in legno	1	Increases and particular
Paleti in muratura portante faccia-vista	1	indeta contrace
Paleti in musatura politante intonaciale	1	
Pareti interne in muratura portante	10	Progettista delle strutture
Pareti di tamponamento esterne	1	
Paels di tamponamento interne	0	Commission in
Transezzature interne	1	Desolatore dell'opera
Strutture orizzontali:		
Travé in c.a.	17	F Edicio di ruova costuziona C Edicio esistente
Travi in legno	17	
Solai in latero-cemento	1-	Destruction down
Scale in c.a.	1	Veixedore duxo
Travi in acciaio	17	Filesidenziale Commerciale Findustrale Filipanele
		T Ulicio T Agricolo T Automessa T Pubblico
		Tipologia contuitiva
		R Television C Mantenersterie C Metermediano a R Adaptedo pero
		A AND A CONTRACTOR AND A RECEIVED AN
		☐ Telaio metallico

Capitolo 15

Disegno delle carpenterie di piano

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la generazione degli esecutivi delle carpenterie di piano.

- Opzioni di generazione del disegno delle carpenterie di piano
- Il modulo PRO_CAD Disegno Carpenterie
- La finestra di modifica dell'armatura
- La finestra Opzioni
- Generazione degli esecutivi

Opzioni di generazione del disegno delle carpenterie di piano

Per effettuare il disegno di impalcati e di piante di fondazione (plinti, travi, platee ecc..), si deve procedere utilizzando i seguenti comandi:

Contesto ► Generazione esecutivi ► Esecutivi carpenterie

La definizione delle carpenterie di piano viene realizzata in automatico dal programma e possono essere modificate e personalizzate dall'utente. Con il comando *Esecutivi carpenterie* è possibile ottenere i disegni degli impalcati di fondazione e di elevazione della struttura.

Per la generazione degli esecutivi delle carpenterie è consigliabile controllare la numerazione dei gruppi di elementi con i seguenti comandi:

Preferenze ► Numerazioni ► Impalcati

Per effettuare il disegno degli impalcati si utilizzano i seguenti comandi:

Con il comando Esecutivi carpenterie, viene visualizzata la finestra Genera impalcati che riporta i comandi per la generazione dei disegni degli impalcati di piano.

In fase di generazione viene visualizzato il messaggio di avvertimento sulla possibilità di eseguire un filtro sugli oggetti disegnati, in base alla loro visibilità. Premendo il tasto **Ok** il programma procede alla definizione degli impalcati di piano.

La finestra Genera impalcati contiene i seguenti comandi ed opzioni:

- > Definizione del nome da attribuire al gruppo di impalcati;
- Il comando Genera disegni per la generazione dei file in formato .crp contenenti i disegni degli impalcati di piano;
- Il comando Vedi disegni per l'attivazione di PRO_CAD Disegno Carpenterie che consente la modifica e la generazione del disegno in formato .dxf.



PRO_CAD Disegno carpenterie è un modulo grafico interattivo che consente di eseguire, sul disegno della pianta dell'impalcato, le seguenti operazioni:



- Apri: permette di aprire un file (impalcato generato da PRO_SAP) con estensione *.crp.
- Salva: permette di salvare le modifiche apportate ad un impalcato.
- Salva con nome: permette di salvare le modifiche apportate ad un impalcato.
- Zoom: permette di eseguire lo zoom finestra.
- Avvicina: permette di ingrandire l'immagine di lavoro
- Allontana: permette di rimpicciolire l'immagine di lavoro
- Vista estesa: permette di racchiudere l'immagine di lavoro all'interno della finestra grafica
- Vista precedente: permette di ripristinare lo zoom precedente
- *Pan*: permette di trascinare l'immagine mediante il mouse. Per effettuare il trascinamento è sufficiente, dopo aver attivato il comando, muovere il mouse tenendo premuto il tasto sinistro
- *Opzioni*: permette di accedere alla finestra *Opzioni* per la definizione delle opzioni di visualizzazione degli elementi del disegno.
- Quota orizzontale: consente di inserire un elemento di quota orizzontale
- Quota verticale: consente di inserire un elemento di quota verticale
- Quota allineata: consente di inserire un elemento di quota allineata
- Cancella quota: consente di cancellare un elemento di quota
- Quota continua: consente di inserire nuovi elementi di quota agganciandosi ad elementi di quota già
 presenti. Per generare quote continue è sufficiente attivare il comando e fare clic sulla quota base a
 cui agganciarsi, quindi cliccare sui punti del disegno da quotare

La generative deg dels stats di visibili Utimae i conacto	elecali Losses Nacional	Cimpul Io G. Io ne	ut 6 tats origane	re.
Genera impalcati		_	0	×
Sigla disegni in	np			
Genera disegni]	V	edi disegn	i
Pronto				

- Sposta quota: permette di spostare un elemento di quota. Per realizzare lo spostamento è sufficiente attivare il comando e fare clic sulla mezzaria della quota da spostare. Lo spostamento può essere realizzato con il mouse utilizzando l'effetto cattura attivo sugli altri elementi di quota e sui punti notevoli del disegno
- Quotatura automatica: permette di realizzare automaticamente gli elementi di quota relativi ai punti notevoli del disegno
- *Dimensioni ottimali del testo*: ottimizza le dimensioni dei testi per la stampa dell'esecutivo in scala 1:50

- *Impostazioni solai*: permette l'inserimento dei ferri di confezione posti all'intradosso del travetto del solaio. Per modificare i ferri di confezione è necessario rigenerare le sezioni di solaio.
- Disegno automatico armature: permette la definizione automatica delle armature del solaio in base ai parametri di progetto di PRO_SAP
- Nuova armatura solaio: permette di definire una sezione del solaio su cui generare le armature in base ai parametri di progetto di PRO_SAP. Per inserire una sezione è sufficiente attivare il comando e fare clic con il mouse nella posizione di interesse; il programma definisce in automatico le tipologie e le lunghezze delle armature in base ad *Impostazioni solai*, ai criteri di progetto e alla progettazione eseguita in *PRO_SAP*.

<u>Se si desidera modificare i ferri di confezione inseriti, è necessario utilizzare il comando *Impostazioni* solai e rigenerare la sezione con il comando *Sposta sezione*.</u>

- Cancella armatura: permette di cancellare una o più sezioni
- Sposta armatura: permette di modificare la posizione in cui è stato eseguito il comando Nuova armatura solaio
- Edita armatura: consente di accedere alla finestra di modifica delle armature dei solai.
- Estendi lunghezza di un ferro: consente di estendere o tagliare un ferro di armatura del solaio, rispetto ad una linea dell'impalcato (lato di una trave ecc...) selezionata con un clic del mouse, considerando in automatico la presenza del copriferro. Il comando visualizza la finestra di modifica dell'armatura.
- Cancella un ferro: consente di cancellare un ferro di armatura del solaio



I comandi relativi alle armature del solaio sono attivi solamente se si è eseguita la progettazione dei solai con PRO_SAP.



Modifica perimetro solai: consente di modificare le dimensioni del solaio nel caso gli elementi del modello F.E.M. non abbiano dimensioni perfettamente coincidenti con quelle degli elementi strutturali reali *Modifica perimetro solette*: consente di modificare le dimensioni dei gusci nel caso gli elementi del modello F.E.M. non abbiano dimensioni perfettamente coincidenti con quelle degli elementi strutturali reali

La finestra di modifica dell'armatura

holistoret inferiore		
Estoretà riciale	Numero ferri	8
Altacoperts lata include (cm)	Diemetro (nm)	5
Extends firsts	Lunghezza (cm)	[475.
Sogara	Editografi	canente
Allungamento lato finale (cm) 0	Arrulla	QL

Il comando *Edita armatura* consente di accedere alle finestre *Posizione superiore* o *Posizione inferiore* per la modifica dell'armatura del solaio.

La finestra contiene le seguenti opzioni e parametri:

- Cornice Estremità iniziale: consente di modificare la tipologia dell'estremità iniziale del ferro
- Cornice Estremità finale: consente di modificare la tipologia dell'estremità finale del ferro
- Numero ferri: consente di modificare il numero dei ferri della posizione di armatura
- Diametro: consente di modificare il diametro dei ferri della posizione di armatura, espresso in mm
- Lunghezza: consente di modificare la lunghezza dei ferri della posizione di armatura, espresso in cm
- Edita graficamente: consente di modificare le armature con modalità grafica interattiva

Per modificare una posizione di armatura è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Cliccare sul comando *Edita graficamente* all'interno della finestra
- 2. Cliccare con il tasto destro del mouse sul ferro da modificare. Il ferro selezionato viene visualizzato
- con una linea tratteggiata di colore ciano e vengono individuati tre punti notevoli di aggancio
- 3. Cliccare con il tasto sinistro del mouse sul punto notevole di interesse, che viene colorato in rosso
- 4. Spostare il punto notevole e fare clic con il tasto sinistro nel punto di arrivo
- 5. Confermare lo spostamento con il tasto destro del mouse
- 6. Se è necessario agire su più ferri, il tasto destro del mouse consente la ripetizione del comando

Per modificare un ferro è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Usare il comando *Edita armatura* disponibile nella barra dei comandi
- 2. Cliccare con il tasto sinistro del mouse sul ferro da modificare
- 3. Nella finestra *Posizione superiore* o *Posizione inferiore* modificare i parametri dell'armatura
- 4. Premere il comando Ok.

Per estendere o tagliare un ferro è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Usare il comando *Estendi lunghezza di un ferro* disponibile nella barra dei comandi
- 2. Cliccare sulla linea di riferimento che individua la posizione rispetto alla quale estendere o tagliare uno o più ferri (la linea di riferimento è individuata dal tratteggio)
- 3. Cliccare sulla parte di ferro da tagliare o da estendere rispetto alla linea di riferimento (l'operazione può essere ripetuta su più ferri)
- 4. Premere il tasto destro del mouse per confermare la modifica
- 5. Se è necessario agire su più ferri, il tasto destro del mouse consente la ripetizione del comando

La finestra Opzioni

Layor Nome	Pales	Att	nep	Nume	Colora	100
ASSI	COOLE .	HING O	John	TESTO TITOLI	Coore	HIMU
PERIM SOLAL		6		TESTO SOLA		17
PERIM_PILASTRI	1			TESTO_PLASTRI		17
PILASTRI_ACCIAIO				TESTO_SETTI		1
PERIM_SETTI				TESTO_SOLETTE		12
PERIM_SOLETTE		R 1	P	TESTO_TRAVA		17
PLINTI	0 0		7	TESTO_QUBTE		T
TRAM_ESTRADOSSO		9 9		TESTO_FERRI		17
TRAVA_INTRADOSSO		9 9		TRATTEGGIO_SOLAI		1
QUOTE		R		TRATIEGGID_PILAS	TRI	17
ARMATURA_SOLAI	2 2			TRATTEGGID_SETTI		V
SEZIONI				TRATTEGGIO_SOLE	TTE	
Asuelizzazione gusoi Piero C Tratteggio Asuelizzazione setti Piero C Tratteggio	⊂ Sok	o bordo	Vie P	ualizzacione plashi "Pieno (# Tsat ualizzacione solai "Pieno (# Tsat	nggia (°Sola eggia (°Sola	berdo bordo
Colore stondo I® Nexo ⊂ Bianco _ Colori d	funda] Co	priterio k	sterale (cm)	Lingus disegno IF Italiano (*)	English

La finestra *Opzioni* permette di definire le opzioni di visualizzazione degli oggetti contenuti nell'immagine della finestra principale di lavoro e la lingua.

Le opzioni contenute nella finestra sono le seguenti:

- *Layer*: consente di modificare i colori associati ai layer e di spegnerli ed accenderli e di attivare o disattivare lo snap.
- *Opzioni di visualizzazione*: consente di modificare la rappresentazione degli elementi strutturali (gusci, pilastro, setti, ecc...) ed il colore dello sfondo e dei layer.
- Salva opzioni: salva le impostazioni per utilizzarle nei successivi avvii del modulo
- Valori di default: ripristina le impostazioni di default del modulo

Generazione degli esecutivi

Per generare gli esecutivi è necessario usare il comando *Genera file DXF* che consente di accedere alla finestra *Disegno DXF*:

			4 file det disponibili			0 Ne dati per generazione DVF
USERS		mp001 mp002 mp003	.cop Lcop Lcop	4	ggiungi >>	
DESKTOP		tempol	le601.cp	*	: Filmuovi	
DISEGN				400	ing Millin	-1
				(6)	Renarcia tutti	83 I
⊉d [\\server4\AbM]		E				
ayei	2250		100000	10000	12200-01	Scala di stampa programma CAD
None	Colore	Duegna	None Trans Alter	Colore	Dosgna	1 mm = 10 units 3
REDIN FOLM	-	×	TESTO_INCO	-	2	
PENIN, SOUN		2	TESTO DE ACTOL		N.	Scala del doegno
PERIM_PILASTRI	-	P	TESTO_PEASINI	-	×	1 100 0 100
PLASTH_ALLIAU	_	P	TESTO_SETT	-	2	T interfacion sid
PERIN_SET II	_	P	TESTO_SOLETTE	-	1	i macaren sus e re.
PERIM_SULET IS	-	P	TESTU_THAM	_	19	Sinbolo orditure sola
AUNTI	_	R	TESTO_QUOTE		10	☐ Filopilate
TRAVI_ESTRAD0550	_	2	TESTO_FERRI	_	9	Dimensione sezione travimetrangolati
IRAVUINTRADOSSO	2	¥	TRATTEGGIO_SOLAI	4	19	C Badada and the INT (
QUOTE		F	TRATTEGGIO_PILASTRI		P	
ARMATURA_SOLA		4	TRATTEGGIO_SETTI	4	R	 Compute net diregne DXP
		12	TRATTEGGIO SOLETTE		12	Verb commute TxT

La finestra Disegno Dxf contiene i seguenti parametri:

- File dati disponibili: contiene gli impalcati generati
- *File dati per generazione DXF*: contiene gli impalcati da riportare nel disegno esecutivo. La selezione si può eseguire con i comandi *Aggiungi, Rimuovi, Aggiungi tutti, Rimuovi tutti*
- *Layer*: consente di modificare il nome ed il colore dei layer presenti nel disegno. L'opzione *Disegna* permette di includere od escludere il layer dal dxf.
- Scala di stampa programma CAD: consente la definizione del rapporto di scala del disegno, in base all'equivalenza tra unità di disegno e unità di misura
- Scala del disegno: consente di scegliere la scala del disegno
- Indica ferri sup. e inf.: consente di aggiungere alla descrizione dei ferri del solaio la dicitura superiore o inferiore, per individuare i ferri di intradosso e quelli di estradosso
- Simbolo orditura solai: consente di scegliere se riportare o meno l'orditura dei solai nel dxf
- Filo pilastri: indica nel file dxf il filo fisso assegnato ai pilastri
- *Dimensione sezione rettangolare travi*: consente di scegliere se riportare o meno la sezione della trave nel dxf
- *File di testo computo*: se attiva viene generato un file di testo (*.rtf) che contiene il computo di ogni solaio
- Computo nel disegno: se attiva viene riportato il computo di ogni solaio direttamente nel file dxf
- Salva opzioni: salva le impostazioni per utilizzarle nei successivi avvii del modulo
- Valori di default: ripristina le impostazioni di default del modulo

Capitolo 16

Generazione degli esecutivi delle travi in c.a.

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la generazione delle armature e dei disegni delle travate in c.a.

- I comandi principali e la finestra principale di lavoro
- Finestra principale di lavoro
- L'area di lavoro
- Il Menù File
- File ► Opzioni ► Aspetto
- File ► Opzioni ► Editing Ferri
- File ► Opzioni ► Impostazioni generali
- Il comando Rigenera armatura
- Il comando Generazione multipla armature
- Genera file DXF

I comandi principali e la finestra principale di lavoro



Avvio di PRO_CAD Travi

Una volta ultimato e progettato il modello PRO_SAP è possibile generare gli esecutivi delle travi.

Ci sono due metodi per generare gli esecutivi:

1) Dalla finestra di controllo generale (a cui si accede con il comando *Controlla*), con il comando **Genera esecutivi → Esecutivo travata**

Controla			
🗷 Finestra di controllo generale	- I X		
H - Stato di progetto e verifica Armetura longitudinale Armetura longitudinale Tensioni normali (verifica s.l.u.) Armetura trasversale tamenori tamenoti (verifica s.l.u.)	Esporta azioni Vetifica sezione		
B Statilitate di esercizio (verifica s lo)	Esecutivo travata		
	Esecutivo pilastrata Esecutivo setto-piastra		
	Executive tondazione		
	esa Executivo collegamento		
	Posizione corrente = 0.0		

2) Generare gli esecutivi attraverso il comando Contesto → generazione esecutivi → esecutivi travate c.a. poi lanciare PRO_CAD travi mediante i seguenti comandi:
 Start (Avvio) ▶ Programmi ▶ PRO_SAP PROfessional SAP ▶ Moduli PRO_SAP

Eseguendo il programma attraverso la finestra di controllo generale di PRO_SAP, le aree del ferro e le verifiche verranno **aggiornate in tempo reale**, in PRO_SAP.

Eseguendo il programma dal menu di Windows non verranno eseguite le verifiche e sarà necessario il comando PRO SAP **Check armature C.A**, per aggiornare verifiche e aree del ferro.

Attraverso il comando: *File ► Apri*

	Travi de ameri	Tour amater	
3D \ SALEM DESKTOP DESKTOP DESKTOP	400295-0004-P2_P3++ 40006_0004_P2_P3++ 400295_0004_P7_P3++	102285,002,017,0239 102285,002,017,014,029 102285,0027,014,029 102515,0027,014,029 102515,005,017,027,029 102502,005,017,027,029 102502,003,017,027,029 102502,003,1272,70290	
1	2		
d Norwelland	• Rose the		

Appare la finestra di dialogo di Windows in cui viene rappresentato:

- Il percorso della cartella di lavoro
- L'elenco delle travi per le quali non è ancora stata prodotta un'armatura
 (2)
- L'elenco delle travi per le quali è già stata prodotta un'armatura
- Il nome del file che si sta per aprire

L'opzione *Controlla la presenza di travi simili* consente di controllare la presenza di travi di uguale geometria e caricarle contemporaneamente. In caso di generazione dell'armatura, verrà prodotta la stessa armatura per tutte le travi simili imponendo l'armatura massima.

Finestra principale di lavoro

Quando si avvia PRO_CAD Travi, la finestra di lavoro principale presenta i comandi necessari per:

- introdurre e modificare i dati geometrici,
- modificare le armature e generare gli esecutivi,
- visualizzare le verifiche.

La finestra di lavoro principale contiene:

- I menu dei comandi.
 La barra dei comandi
 La finestra grafica per la visualizzazione dei diagrammi
 La scala cromatica dei diagrammi
- La finestra grafica per la visualizzazione della carpenteria e delle armature.
- La finestra delle opzioni per il disegno delle staffe
- La finestra per la visualizzazione dell'elenco delle travi simili



L'illustrazione riportata mostra l'aspetto della finestra di lavoro principale di *PRO_CAD Travi. N.B. Il tasto destro del mouse permette di ripetere l'ultimo comando eseguito.*

(1)

(3)

(4)

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

L'area di lavoro



L'area di lavoro è suddivisa in 5 sezioni:

(1)
(2)
(3)
(4)
(5)

Nella sezione dei risultati, di cui al punto (1), è possibile visualizzare il risultato selezionato al punto (4). La colorazione visualizzata è legata alla mappa cromatica di cui al punto (3).

Inferiormente è riportata la barra del righello che indica le campate delle singole travi.

Nella scala cromatica, di cui al punto (3) viene riportata una scala cromatica con diversi valori, la cui unità di misura è riportata in cima alla sezione.

Tra i risultati visualizzabili è possibile selezionare

ll menù File

File	
ri-	Apri
B	Salva
R	Salva con Nome
0	Opzioni
	D:\USERS\ALBM\DESKTOP\MODELLOBETA_DT00285_0008_P7_P9.TRV
	D:\USERS\ALBM\DESKTOP\PANICIERI\GOZT00358_0007_P12_P13.TRV
	D:\USERS\ALBM\DESKTOP\GALLINELLI\FAT00000_0005_P1_P9.TRV
	D:\USERS\ALBM\DESKTOP\MODELLOBETA_DT00285_0004_P2_P8.TRV
E3	Esci

I comandi di apertura e salvataggio dei file di lavoro sono quelli consueti di Windows. Il comando *Opzioni* consente di definire un gruppo di parametri per la generazione delle armature e del disegno. La finestra "Opzioni generali" visualizza l'editing dei ferri, le modalità di raccordo delle campate, l'allineamento delle sezioni e le notazioni.

File - Opzioni - Aspetto

Colori		Arkeprina computo
ASSI	0;0;0	
BORDO	128; 0; 0	(* Si
FERRI	128; 0; 128	C Solo contorno ingombro
FERRI_SUP	128; 0; 0	
FERRI_INF	0; 0; 128	E.
FERRI_INT	128; 0; 128	Formato aiuto
QUOTE	0; 128; 128	impaginazione 170
TESTO_TITOLI	0; 128; 0	Visualizza assi modello
TESTO_POSIZIONI	0; 128; 0	Visualizza ancoraggi
TESTO_FERRI_SUP	0; 128; 0	
TESTO_COMPUTI	0; 128; 0	
TESTO_QUOTE	0; 128; 128	Lolore stondo tinestre gratiche
SEZIONI	0; 0; 128	C Nero
LINEA_TRAT	0;0;0	(Bianco 4
TESTO_FERRI_INF	0; 128; 0	
TESTO_FERRI_INT	0; 128; 0	Color default
SEZ_TR	128; 0; 0	
CAMP_SEZ_TR	192; 192; 192	Lingua del disegno
Assi modello	128; 128; 128	Italiano
postazioni conente: C:\U:	sers\AlbM\impost001.T13	C English O

La scheda Aspetto è suddivisa in 5 sezioni:

•	Colori	(1)
•	Anteprima computo	(2)
•	Opzioni di visualizzazione	(3)
•	Colore sfondo finestra grafica	(4)
•	Lingua del disegno	(5)

I comandi hanno le seguenti funzioni:

- Colori: consente di impostare il colore dei layer dei vari oggetti
- Anteprima computo: consente di visualizzare a video il computo delle travi. L'opzione Solo ingombro contorno consente di visualizzare solo il contorno della tabella dove viene inserito il computo per avere un'anteprima dell'impaginazione della tavola.
- Opzioni di visualizzazione:
 - o Formato aiuto impaginazione: consente di impostare le dimensioni del foglio
 - Visualizza assi modello: nel caso siano stati assegnati dei fili fissi, consente di scegliere se riportare l'asse baricentrico del pilastro oppure l'asse corrispondente al filo fisso assegnato nel modello
 - *Visualizza ancoraggi*: per ogni ferro permette di visualizzare con colori diversi la parte di armatura coprente e quella necessaria per la sovrapposizione o l'ancoraggio

- Colore sfondo finestra grafica: consente di scegliere il colore della finestra grafica. Il comando Colori default richiama una colorazione dei layer di default ottimizzata per lo sfondo scelto.
- Lingua del disegno: consente di scegliere la lingua. Sono disponibili italiano ed inglese.
- Carica default: richiama i parametri di default originali del programma della finestra Opzioni
- Carica impostazioni: carica delle impostazioni salvate precedentemente in un file con estensione *.T13
- Salva impostazioni: salva i parametri impostati nella finestra Opzioni in un file con estensione *.T13, e li assegna automaticamente come default per ogni nuova sessione di lavoro

File - Opzioni - Editing Ferri

Fem con lunghezza multipla o	fi cm 🛛 5 Chiusura staffe (numero diametri) 🤨 10
Spaziatura tra le posizioni	
Ь	d automatica = H sez. + 10 cm 7 d (cm) 50
Funzione stata tera. Aggancia	punto medio del terro a:
Aggancia assi pilastri	Aggancia punto medio campata 👌
Ancoraggi dele annalare saj	con oge cancer dela have
Megatura delle barre lin	itata all'allezza della sezione d1 d2
Pregatura del ferro pari.	alla lunghezza di ancoraggio
Piegatura definita dall'ul	tenke d1 (cm) d2 (cm)
Ancoraggi delle almarure inte	non agi estremi della trave
Piegatura delle barre lin	itata all'altezza della sezione d1 d2 1
C Piegatura del ferro pari	alla lunghezza di ancoraggio
🔿 Piegatura definita dall'u	tente d1 (cm) d2 (cm)
Dielanza soviabnosizion le	
	15 Sovrapposizione in difetto (cm) 5
Sovrapposizione in	

La scheda *Editing ferri* è suddivisa in 6 sezioni:

•	Impostazioni generali	(6)
•	Spaziatura tra le posizioni	(7)
•	Funzione stira ferri	(8)
•	Ancoraggi delle armature superiori agli estremi della trave	(9)
•	Ancoraggi delle armature inferiori agli estremi della trave	(10)
•	Tolleranza sovrapposizioni ferri	(11)

I comandi hanno le seguenti funzioni:

Impostazioni generali

•

o Ferri con lunghezza multipla di cm: consente di impostare un multiplo di lunghezza dei ferri

- *Chiusura staffe (numero diametri)*: consente di impostare il numero di diametri da utilizzare per la lunghezza della chiusura delle staffe.
- Spaziatura tra i ferri: imposta la distanza tra i ferri nella tavola. La distanza può essere determinata automaticamente dal programma oppure indicata dall'utente
- *Funzione stira ferri*: indica il punto di aggancio del ferro quando si eseguono delle operazioni di stiramento
- Ancoraggi delle armature superiori/inferiori agli estremi della trave: consente di impostare il tipo di piega da assegnare ai ferri di estremità della trave. È anche possibile definire un tipo di piega da utente
- *Tolleraza sovrapposizioni ferri*: consente di impostare il valore di tolleranza sulle carenze di sovrapposizione (ad es.: con valore impostato a 5, se una sovrapposizione calcolata pari a 60cm viene disegnata pari a 55cm, il programma non viene evidenziata nessuna carenza, se invece fosse di 54cm, il programma segnala una carenza di sovrapposizione di 6cm)
- *File impostazioni corrente*: visualizza il percorso ed il nome del file di impostazione utilizzato nella sessione di lavoro attuale



File - Opzioni - Impostazioni generali

La scheda *Impostazioni generali* è suddivisa in 4 sezioni:

- Modalità di raccordo tra campate
- Note in sezione

(12) (13)

•	Allineamento delle campate	(14)
•	Varie	(15)

I comandi hanno le seguenti funzioni:

- Modalità di raccordo tra campate: consente di selezionare la modalità di raccordo tra le campate nel caso di travi inclinate
- Note in sezione: consente di scegliere quali informazioni riportare a fianco dei ferri nel disegno della sezione
- Allineamento delle campate: consente di gestire l'allineamento di campate con sezioni diverse
- Varie
 - *Eliminazione automatica degli assi non significativi*: elimina automaticamente gli assi a cui non corrispondono elementi verticali del modello come, per esempio, pilastri o pareti
 - *Nota sup. e inf. nel disegno delle posizioni*: inserisce le note "sup." ed "inf". nel disegno delle posizioni dei ferri longiturinali. Il comando ha effetto solo nella generazione del file DXF
 - Mostra le sezioni delle travi trasversali: consente di riportare nel disegno le sezioni delle travi ortogonali a quella in esame
 - Etichetta solo per i nodi con pilastri: inserisce le etichette solo nei nodi in cui sono presenti dei pilastri
 - o Ritorno verifiche a PRO_SAP: aggiorna in tempo reale le verifiche della trave in PRO_SAP
 - Ometti il passo delle staffe nel disegno della sezione: non riporta il paso delle staffe nella sezione
 - o Evidenzia tratti critici: evidenzia nel disegno le zone critiche della trave
 - Riporta il numero di staffe per tratto: riporta il numero di staffe per ogni tratto di staffatura
 - Controlla la presenza di travi simili: controlla la presenza di travi con la stessa geometria nella cartella disegni del modello in modo da poter progettare l'armatura contemporaneamente per alcune o per tutte le travi simili
 - o Indicazione dimensioni sezione: riporta le dimensioni della sezione nell'esecutivo
 - Ancoraggio minimo/massimo espresso in multipli del diametro: consentono di impostare rispettivamente la lunghezza minima e massima di ancoraggio in funzione del diametro del ferro
 - o Copriferro laterale interno ai pilastri: copriferro per le pieghe dei ferri, espresso in cm
 - *Tolleranza travi simili per dimensione pilastri*: tolleranza per riconoscere due travi simili nel caso di pilastri con dimensioni o posizioni leggermente diverse. Espressa in cm
 - *Tolleranza travi simili per dimensione campate*: tolleranza per riconoscere due travi simili nel caso di campate con dimensioni leggermente diverse. Espressa in cm



Il programma calcola automaticamente la lunghezza di ancoraggio come indicato dall'Eurocodice 2. L'ancoraggio minimo specificato dall'utente viene utilizzato solamente quando la lunghezza specificata dall'utente risulta maggiore rispetto a quella ottenuta in base all'Eurocodice 2.

Il comando Rigenera armatura

Il comando *Rigenera armatura* serve a ridisegnare l'armatura della travata. Utilizzando questo comando si accede alla finestra *Parametri di generazione delle armature*:

800			
5			
1			
1			
2			
Ogni cambio di sezone			
1 - Sovrapposizione ferri in mezzeria e in prossimità degli appoggi oltre la zona criti			
16			
16			
16			
16			
16			
50			
20			
45			

La finestra contiene i parametri necessari al disegno delle armature. Sono disponibili i seguenti comandi:

• Lunghezza massima dei ferri: lunghezza massima delle barre per l'armatura longitudinale, espressa in cm

Lunghezze multiple di: consente di impostare il valore a cui o al cui multiplo arrotondare le lunghezze delle armature longitudinali, espresso in cm

- Spezzoni sup/inf numero max posizioni per asse: numero di ordini di spezzoni rispettivamente per i ferri superiori ed inferiori. È possibile inserire 1 o 2 ordini.
- Non usare spezzoni galleggianti in campata: evita che vengano inseriti spezzoni galleggianti in campata
- Permetti ancoraggio degli spezzoni in zona critica: consenti di ancorare i ferri in zona critica. Attenzione: attivando questa opzione non si rispetta il §7.4.6.2.1 del DM2018 Accorpa ferri uguali in un'unica posizione: unisce i ferri longitudinali uguali in un'unica posizione al fine di compattare la carpenteria delle armature
- *Inserisci sezioni*: consente di indicare il numero di sezioni trasversali della travata a scelta tra nessuna, una sezione ad ogni cambio di sezione od una sezione per ogni campata
- *Criterio di generazione*: consente di indicare come deve essere generata l'armatura scegliendo tra le seguenti opzioni:
 - Sovrapposizione ferri in mezzeria e in prossimità degli appoggi oltre la zona critica: sovrappone i ferri inferiori in mezzeria e i ferri superiori in prossimità degli appoggi e oltre la zona critica
 - Sovrapposizione ferri in mezzeria e sugli appoggi: sovrappone i ferri inferiori in mezzeria ed i ferri superiori in corrispondenza degli appoggi
 - Sovrapposizione ferri sugli appoggi: sovrappone sia i ferri superiori che quelli inferiori sugli appoggi
 - Sovrapposizione ferri in prossimità degli appoggi oltre la zona critica: sovrappone sia i ferri II comsuperiori che quelli inferiori in prossimità degli appoggi ed oltre la zona critica

- *Reggistaffa*: consente di specificare i diametri per i ferri reggistaffa. **Attenzione: si consiglia di non** modificare questo dato. Nel caso fosse necessario modificare i diametri si consiglia di modificare i criteri di progetto in *PRO_SAP* e di riprogettare gli elementi strutturali, soprattutto nel caso si progetti la struttura con un criterio di gerarchia delle resistenze
- Correnti aggiuntivi e spezzoni: consente di specificare i diametri per i ferri aggiuntivi. Attenzione: si consiglia di non modificare questo dato. Nel caso fosse necessario modificare i diametri si consiglia di modificare i criteri di progetto in *PRO_SAP* e di riprogettare gli elementi strutturali, soprattutto nel caso si progetti la struttura con un criterio di gerarchia delle resistenze
- Diametro barre: consente di specificare il diametro dei ferri di parete
- Interasse massimo ferri di parete: consente di indicare il massimo interasse tra i ferri di parete
- Applica piegature ai ferri: piega le estremità dei ferri longitudinali
- Lunghezza: lunghezza della piega dei ferri longitudinali
- Angolo: angolo della piega dei ferri longitudinali
- Carica default: richiama i parametri di default originali del programma
- Carica impostazioni: carica delle impostazioni salvate precedentemente
- Salva impostazioni: salva i parametri impostati nella finestra e li assegna automaticamente come default per ogni nuova sessione di lavoro
- Genera armatura: disegna l'armatura della trave in base ai parametri impostati
- Carica default: richiama i parametri di default originali del programma della finestra
- *Carica impostazioni*: carica delle impostazioni salvate precedentemente in un file con estensione *.T13
- Salva impostazioni: salva i parametri impostati nella finestra in un file con estensione *.T13, e li assegna automaticamente come default per ogni nuova sessione di lavoro

Il comando Generazione multipla armature

Il comando *Generazione multipla armature* consente di generare i file .arm delle armature di tutte le travate presenti nel modello di calcolo per cui siano stati generati gli esecutivi. Usando questo comando si accede alla finestra *Generazione dell'armatura di più travate*:



La finestra *Generazione dell'armatura di più travate* è suddivisa in 7 sezioni:

Gestione file	(1)
Elenco dei file trv presenti nel percorso selezionato	(2)
Comandi per la scelta delle travi	(3)
Elenco delle travi per cui generare le armature	(4)
Elenco delle travi già armate	(5)
Opzioni per la generazione multipla	(6)
Comandi per la generazione delle armature	(7)

Per generare le armature è sufficiente selezionare i file relativi alle travate disponibili con gli appositi comandi *Aggiungi* od *Aggiungi tutti*. Il comando *Solo quota* consente di filtrare le travate in base alla quota a cui si trovano.

Le Opzioni per la generazione multipla consentono di:

- Raggruppare le travi simili per geometria imponendo a tutte la massima armatura.
- Sovrascrivere le travi eventualmente già armate.
- Eliminare in automatico gli assi non significativi (individuati da nodi intermedi all'elemento trave ai quali non fanno riferimento pilastri o pareti).

Con i Comandi per la generazione delle armature è possibile:

- aprire la finestra *Parametri di generazione delle armature* (vedi paragrafo *Il comando Rigenera Armatura*).
- generare le armature delle travi contenute nell'elenco delle travi per cui generare le armature (4).

Genera file DXF

9 file da	si travi dis	ponibili			0 file dati per generazione D
		00285_0002_P1_P3ARM		Aggiungi>	
MODELLOBETA_DATA		100285_0007_P4_P6ARM		< Rimuovi	
		100515_0001_P3_PSAHM 100515_0005_P1_P7ARM 100583_0009_P1_P3ARM 100583_0010_P4_P6ARM 100583_0011_P7_P9ARM		Solo quota Aggiungi>	4
		100650_0012_P2_P8.ARM		< Rimuovi	975-74
1		2		Aggiungi tutti >>	
d [//server4/AlbM]	-			<< Rimuovi tutti	
Cayer	-	2			
ASSI	9	QUOTE 0	4	🗌 🦵 Quota imp	alcato 🚺
BORDO	1	TESTO_TITOLI	5	Crocetta k	emi
FERRI	6	TESTO_POSIZIONI	3	Disegna sezione senza lerri longitudinali (solo sagoma e statle) Im Numerazione progressiva delle posz Compatibilità AutoCAD R12	
FERRI_SUP	6	TESTO_FEARI_SUP	3		
FERRI_INF	6	TESTO_FERRI_INF	3		
FERRI_INT	6	TESTO_FERRI_INT	3	Scala di sta	mpa programma CAD
SEZIONI	5	TESTO_COMPUTI	3	1.000 mm = 10.000 unità	
LINEA_TRAT	7	TESTO_QUOTE	4		
SEZ_TR	1	CAMP_SEZ_TR	254	Testo femi St	affe_Altre
	-			Computo N	lote
ile impostazioni corrente: C.	(Daets/A)	6M/umposi001.113			7
Corion default	Calusia	enstanioni Carica impr	190200	Courses 17	E ani

La finestra Genera file DXF è suddivisa in 7 sezioni:

• Ge	stione file	(1)
• Ele	nco delle travate per cui è disponibile un file .arm	(2)
• Co	mandi per la scelta delle travi	(3)
• Ele	nco delle travate da inserire nel file DXF	(4)
• Co	lore layer	(5)
• Im	postazioni per la generazione degli esecutivi e dei computi	(6)
• Im	postazioni del DXF	(7)

Per generare il file DXF è sufficiente selezionare i file relativi alle travate disponibili con gli appositi comandi *Aggiungi* od *Aggiungi tutti*. Il comando *Solo quota* consente di filtrare le travate in base alla quota a cui si trovano.

All'interno della cornice *Colore layer* è possibile indicare il colore ed il nome da assegnare ai vari layer che saranno presenti nel file DXF.

Le Impostazioni per la generazione degli esecutivi e dei computi sono a loro volta divise in:

- Computo
- Note

- Testo ferri
- Staffe
- Altre

Le schede contengono i seguenti comandi:

Computo

- *Inserisci nel file DXF*: inserisce il computo direttamente all'interno del file DXF
- *Visualizza computo (file RTF)*: genera un file RTF con il computo metrico

✓ Inserisci nel file DXF	
Visualizza computo (file RTF)	
Computo Note	
Testo ferri Staffe Altre	

Note

- *Nota sup. e inf. nel disegno delle* posizioni: consente di inserire accanto alla numerazione delle posizioni le notazioni *Sup* ed *Inf*
- Indica ferri di parete: contraddistingue con la dicitura parete i ferri di parete
- Spazio tra numero e diametro ferri: aggiunge uno spazio tra il numero del diametro ed il simbolo Ø
- *Indicazioni dimensione sezione*: aggiunge una notazione con le dimensioni della sezione

Testo ferri

- *Posizioni*: etichetta ogni ferro con un numero di "posizione" collegata al disegno della sezione e al computo dei ferri
- Numero e diametro: annota ogni posizione di armatura longitudinale tramite il numero di ferri e il diametro utilizzato
- *Nessuna*: non indica alcuna notazione per i ferri longitudinali
- Solo nel disegno delle posizioni, nessuna in sezione: non inserisce nessuna notazione nella sezione ma solo nell'esploso ferri

- Nota Sup. e Inf. nel disegno delle posizioni
- 🔲 Indica ferri di parete
- Spazio tra numero e diametro dei ferri
- 🔲 Indicazione dimensioni sezione

Computo Note Testo ferri Staffe Altre



Staffe

- *Riporta il numero di staffe per tratto*: individua in ogni tratto di trave (iniziale-centrale-finale) anche il numero di staffe complessive; con opzione non selezionata viene riportato solo il diametro e il passo delle staffe
- Non inserire il passo nel disegno della sezione: indica nella sezione trasversale solo il diametro della staffatura senza il passo. Il passo indicato nel disegno della staffatura è in funzione della posizione in cui viene fatta la sezione
- Notazione sintetica: inserisce una notazione sintetica a lato della sezione longitudinale della trave con le informazioni sulla staffatura

Altre

- *Quota impalcato*: inserisce la quota dell'impalcato a cui si trova l'elemento a fianco del nome di ogni trave
- *Crocetta ferri*: nella sezione disegna una crocetta al centro di ogni ferro
- Disegna sezione senza ferri longitudinali (solo sagoma e staffe): disegna solo la sezione trasversale della trave e le staffe interne
- Numerazione progressiva delle posizioni: assegna una numerazione progressiva alle posizioni dei ferri longitudinali in maniera tale che ogni armatura sia individuata da una etichetta univoca all'interno dell'esecutivo
- *Compatibilità AutoCAD R12*: genera un file DXF compatibile con la versione 12 di Autocad
- Scala di stampa programma CAD: consente la definizione del rapporto di scala del disegno, in base all'equivalenza tra unità di disegno e unità di misura

I comandi nelle *impostazioni del DXF* hanno le seguenti funzioni:

- Carica default: richiama i parametri di default originali del programma della finestra
- Carica impostazioni: carica delle impostazioni salvate precedentemente in un file con estensione *.T13
- Salva impostazioni: salva i parametri impostati nella finestra in un file con estensione *.T13, e li assegna automaticamente come default per ogni nuova sessione di lavoro

Riporta il numero di staffe per tratto	
Non inserire il passo nel disegno della sezione	
✓ Notazione sintetica	
Testo ferri Staffe Altre	
Computo Note	

🔲 Quota impalcato		
Crocetta ferri		
Disegna sezione senza ferri longitudinali (solo sagoma e staffe)		
Numerazione progressiva delle posizioni		
🔲 Compatibilità AutoCAD R12		
Scala di stampa programma CAD 1.000 mm = 10.000 unità ?		
Testo ferri Staffe Altre		
Computo Note		

Capitolo 17

Generazione degli esecutivi dei pilastri in c.a.

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la generazione delle armature e dei disegni delle pilastrate in c.a.

- Avvio di PRO_CAD Pilastri
- Finestra principale di lavoro
- La finestra grafica per la visualizzazione della geometria e dell'armatura della pilastrata
- I comandi di gestione dei tratti di staffatura
- I comandi di visualizzazione e scala dei diagrammi delle armature
- I comandi di assegnazione rapida e manuale del filo fisso in direzione X e Y
- I comandi per la modifica della geometria e delle armature
- Per modificare le armature di un pilastro
- Il comando Generazione multipla delle armature
- Il comando Generazione file DXF
- Il comando Opzioni

Avvio di PRO_CAD Pilastri

PRO_CAD Disegno Pilast Per eseguire il programma è necessario fare clic sull'icona *Disegno Pilastri* del collegamento sul desktop, oppure mediante i seguenti comandi:

Disegno Pilastri Start (Avvio) ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Esecutivi cemento armato

Durante il caricamento viene visualizzata la finestra che riporta i dati di riferimento della versione del programma installato.

Il caricamento di un pilastro viene eseguito mediante i seguenti comandi:

File ► *Apri* Il file di esecutivo del pilastro deve essere ricercato all'interno della cartella *nome file_data* ► *disegni*. Utilizzando questo metodo dopo la generazione dell'esecutivo di un gruppo di pilastri, è possibile effettuare il caricamento di tutti i pilastri aventi geometria simile.

Per generare l'esecutivo di un pilastro è possibile, nel contesto di *Assegnazione dati di progetto*, premere il seguente comando e fare clic sul pilastro di interesse:

Controlla Viene visualizzata la *Finestra di controllo generale*, che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione, relativi al singolo elemento.

Per la generazione dell'esecutivo premere il tasto destro del mouse all'interno della cornice grafica della *Finestra di controllo generale,* viene visualizzata il menu dei comandi, in cui attivare:

Esecutivo pilastrata Questo comando permette di aprire l'applicativo *PRO_CAD Disegno Pilastri* e caricare automaticamente il pilastro su cui si è fatto Click.

Il comando permette la generazione dell'esecutivo di una sola pilastrata.

Finestra principale di lavoro

Quando si avvia *PRO_CAD Pilastri*, la finestra di lavoro principale presenta i comandi necessari per l'introduzione e la modifica dei dati geometrici, di armatura e di disegno delle pilastrate.



La finestra di lavoro principale contiene:

- La finestra grafica per la visualizzazione della geometria e dell'armatura della pilastrata.
- La barra dei comandi di visualizzazione;
- I comandi di gestione dei tratti di staffatura;
- I comandi di visualizzazione e scala dei diagrammi delle armature.
- I comandi di imposizione delle armature.
- I comandi di assegnazione rapida e manuale del filo fisso in direzione X e Y.
- Il comando di modifica delle legature dei ferri di parete.
- I comandi per la modifica della geometria e delle armature.
- Il comando per la generazione del computo dei materiali.
- La barra dei menu (File, Generazione multipla delle armature, Genera file DXF, Opzioni).

L'illustrazione riportata di seguito mostra l'aspetto della finestra di lavoro principale di PRO_CAD Pilastri.

La finestra grafica per la visualizzazione della geometria e dell'armatura della pilastrata

Nella finestra di lavoro principale è inclusa la finestra grafica in cui è contenuto il disegno della pilastrata. L'immagine riportata è esattamente quella tradotta in disegno con il comando *Genera file DXF*.

La barra dei comandi di visualizzazione

Zoom Consente di modificare la visualizzazione mediante l'utilizzo di una finestra di zoom.

Vista precedente Consente di ripristinare la vista precedente.

Avvicina Consente di ingrandire la scala di visualizzazione.

Allontana Consente di rimpicciolire la scala di visualizzazione.

Vista estesa Consente di realizzare la visualizzazione di tutto il disegno, con le dimensioni massime.

Pan Consente di modificare la vista mediante l'utilizzo dello spostamento manuale.

I comandi di gestione dei tratti di staffatura

L comandi riportati di seguito consentono la modifica dei tratti di staffatura del pilastro.

Inserisci nuovo tratto di staffatura Consente la suddivisione di un tratto di staffatura esistente, per l'inserimento di un nuovo tratto.

Per inserire un nuovo tratto è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Attivare il comando Inserisci nuovo tratto di staffatura;
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse sul tratto da suddividere; viene visualizzata la finestra *Suddividi tratto*, che consente di assegnare i seguenti parametri geometrici:

L superiore Lunghezza del tratto superiore di staffatura generato dalla suddivisione;

Passo superiore Passo del tratto superiore di staffatura generato dalla suddivisione;

L inferiore Lunghezza del tratto inferiore di staffatura generato dalla suddivisione;

Passo inferiore Passo del tratto inferiore di staffatura generato dalla suddivisione;

Cancella tratto di staffatura Consente l'eliminazione di un tratto di staffatura.

Per cancellare un tratto di staffatura è sufficiente eseguire i seguenti comandi:

- 1. Fare Click con il mouse sul comando Cancella tratto di staffatura;
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse sul tratto da cancellare.

Suddividi tratto	×
Lunghezza tratto	=210 cm
L superiore	105.0
Passo superiore	21.0
L inferiore	105.0
Passo inferiore	21.0
<u>0</u> k	Annulla

N.B. Premendo il tasto destro del mouse, è possibile ripetere il comando.

I comandi di visualizzazione e scala dei diagrammi delle armature

I comandi della barra consentono la visualizzazione e la modifica del diagramma di visualizzazione delle armature del pilastro.

Nel caso di selezione multipla di pilastri, ogni diagramma viene rappresentato con un colore diverso per permettere il confronto delle armature presenti nei vari pilastri.

Diagramma sfruttamento Consente di visualizzare il diagramma delle armature presenti nei pilastri selezionati nella finestra dei pilastri simili.

Aumenta dimensione diagrammi Consente di aumentare la dimensione del diagramma delle armature.

Diminuisci dimensione diagrammi Consente di diminuire la dimensione del diagramma delle armature.

I comandi di imposizione delle armature

Il programma consente di estendere le armature relative ad un pilastro, ad altri pilastri con geometria simile. L'estensione dell'armatura può essere eseguita solamente ai pilastri riportati nella cornice *Pilastri simili* della sessione di lavoro.

Per eseguire l'estensione delle armature ad un gruppo di pilastri è necessario eseguire i seguenti comandi:

- 1. Attivare i pilastri di interesse nella cornice *Pilastri simili*; l'armatura di ogni pilastro è riportata con colore differente.
- 2. Attivare il comando Imponi la massima armatura tra i pilastri selezionati per adeguarle armature al pilastro più armato;

Nel caso in cui si desideri congelare alcune campate di uno o più pilastri, è necessario prima eseguire l'estensione dell'armatura, e poi l'eliminazione delle campate.

Nel caso si desideri ripristinare l'armatura di progetto in uno o più pilastri, è sufficiente, dopo aver selezionato uno o più file nella cornice *Pilastri simili*, attivare il comando *Reimposta armatura del pilastro corrente*.

I comandi di assegnazione rapida e manuale del filo fisso in direzione X e Y

Allinea lato sinistro Permette di definire il filo fisso della pilastrata, allineando sul lato sinistro il pilastro selezionato.

Allinea lato destro Permette di definire il filo fisso della pilastrata, allineando sul lato destro il pilastro selezionato.

Allinea in asse Permette di definire il filo fisso della pilastrata, allineando in asse il pilastro selezionato.

Trasla assi selezionati Permette di definire il filo fisso della pilastrata, traslando il pilastro selezionato della quantità stabilita dall'utente.

Edita sezione Permette da definizione e la modifica delle legature dei ferri di parete del pilastro.

Il comando di modifica delle legature dei ferri di parete

PRO_CAD Pilastri consente l'inserimento automatico delle legature dei ferri di parete, in base alla normativa attiva nella sessione di lavoro di PRO_SAP.



All'atto del caricamento della pilastrata per la gestione dell'esecutivo, viene visualizzata la finestra Attenzione! che consente l'inserimento automatico delle legature. Nel caso si opti per il comando No, non verrà introdotta alcuna legatura in automatico, ma sarà comunque possibile inserirle manualmente con il comando Edita sezione.

le

	Edita	sez	zione C	consente di a	acce	edei	re alla	finestra <i>Ec</i>	lita
legatu	<i>re</i> per	la r	nodifica	a delle legat	ure	dei	ferri di	parete.	
ll cor	nando	è	attivo	solamente	se	si	sono	introdotte	le
egatu	ire in m	nod	o autor	natico.					

Attenzione!		×
Vuoi introdurre legature au	utomatiche per i l	ferri interni?
Sì	No	

Per l'attivazione del comando, nel caso non si siano introdotte le legature automatiche, è sufficiente accedere al menu Opzioni, nella cartella Ferri e attivare, nella cornice Legature, l'opzione Si.

- Per modificare le legature è sufficiente eseguire i seguenti comandi:
- 1. Premere il comando Edita sezione;
- 2. Fare Click con il tasto sinistro del mouse sulla sezione trasversale che si desidera modificare;
- 3. Fare Click con il tasto sinistro del mouse sul ferro di parete di interesse; se è presente una legatura, questa viene tolta.

Per applicare una legatura in un ferro di parete è sufficiente fare Click con il mouse sul ferro di interesse. Per ripristinare le legature disposte in modo automatico, è sufficiente premere il comando Ripristina default. Per confermare le modifiche ed uscire dalla finestra è sufficiente premere il comando Ok.



I comandi per la modifica della geometria e delle armature

PRO CAD Pilastri consente la modifica delle quote e delle armature del pilastro. Per la modifica delle quote è sufficiente utilizzare le seguenti metodologie:

r iounica quoce						
Trave (cm) 50.0			Modifica staffe			
Interpiano (cm) 250.0			L (cm)	8.0		
Pavimento (cm) 0.0		×	Diametro 8			×
🔲 Applica a tutti i lati	L((cm) 300.0	Passo (cm) 21.	.0	L (cm)	100.0
<u>Annulla</u>		nnulla <u>O</u> k	<u>Annulla</u>	<u>0</u> k	Annulla	<u>O</u> k

Per modificare lo spessore della fondazione

Fare doppio Click con il mouse sulla quota che definisce lo spessore della fondazione per la visualizzazione della finestra che consente la modifica del valore della quota.

Per modificare la quota di interpiano

Modifica quote

Fare doppio Click con il mouse sulla quota di interpiano per la visualizzazione della finestra che consente l'introduzione del valore della quota. Per confermare la modifica fare Click sul tasto Ok.

Per modificare le quote che compongono la quota di interpiano

Fare doppio Click con il mouse su una delle quote che compongono la quota di interpiano, viene visualizzata la finestra Modifica quote che consente la modifica delle quote parziali. Le quote parziali riportate sono le seguenti:

Trave (cm) Spessore della trave collegata al pilastro o del solaio che presente in prossimità del pilastro. Interpiano (cm) Valore dell'altezza netta di interpiano, considerata compresa tra il filo superiore dello spessore di finitura (Pavimento) e il filo inferiore della trave/solaio.

Pavimento (cm) Spessore di finitura presente sul solaio o sulla fondazione.

Applica a tutti i lati Opzione che consente di estendere le modifiche a tutti i lati del pilastro. Se l'opzione non è attiva, le modifiche interessano solamente il lato della quota su cui si è fatto Click.

Per la modifica delle armature è possibile utilizzare le seguenti metodologie:

Per modificare i tratti di staffatura

Per la modifica dei tratti di staffatura è sufficiente fare doppio Click con il mouse sul tratto di staffatura di interesse, viene visualizzata la finestra Modifica staffe che consente la modifica dei seguenti parametri:

L(cm) Lunghezza del tratto di staffatura;

Diametro Diametro delle staffe presenti nel pilastro (N.B. un pilastro può possedere solamente un diametro di staffe);

Passo (cm) Passo delle staffe del tratto di interesse;

Per modificare le armature di un pilastro

Per la modifica delle armature di un pilastro è necessario utilizzare il comando

8 F

Edita ferri per piano che consente la modifica di tutte le armature relative al pilastro.

- Per la modifica delle armature è sufficiente eseguire i seguenti comandi:
- 1. Premere il comando Edita ferri per piano e fare Click sulle armature del piano di interesse;
- 2. Nella finestra Dati armatura è possibile inserire e modificare i seguenti parametri relativi alle armature:

Dati armatura			×	
Numero Diametro (mm)	4	Riprese	i + spezzoni) 70	
Vertice Vertice Agg	La	to 1 to 1 Agg.	Lato 2 Lato 2 Agg.	
Piano Terra	-	Ferri di verti	ce aggiuntivi	
🔽 Ferrilato 1		🔽 Ferrilato 1 a	aggiuntivi	
🔽 Ferri lato 2		🔽 Ferri lato 2 a	aggiuntiví	
Appl	ica al piano corre	nte	E	
Applica diametro e numero a tutti i piani				

Piano Terra

Opzione che consente la selezione del piano di interesse; le modifiche apportate sono relative solamente al piano definito, e si applicano con il comando Applica al piano corrente. Per estendere le modifiche a tutti i piani del pilastro, è sufficiente fare Click sul comando Applica diametro e numero a tutti i piani.

Opzione che consente la definizione o la modifica delle armature presenti nel pilastro a quel piano. L'attivazione di un'opzione consente di inserire un'armatura non presente a quel piano.

Le tipologie di armatura previste sono: *Ferri di vertice:* Ferri di armatura posti nei vertici della sezione (tale armatura è sempre presente).

Numero	4	Riprese Ferri correnti
Diametro (mm)	16	 Ferri piegati + spezzoni Lunghezza (cm) 70
Vertice		

Per la modifica dei ferri di vertice è necessario agire sui parametri riportati nella relativa finestra:

Numero: Numero di barre in corrispondenza dei vertici della sezione. *Diametro (mm):* Diametro dei ferri di vertice.

Opzione *Ferri correnti* Consente di proseguire le armature nel pilastro superiore per la realizzazione dell'ancoraggio.

Opzione *Ferri correnti + spezzoni* Consente realizzare la piegatura dei ferri di armatura del piano all'interno del pilastro, e inserire i ferri di ripresa mediante spezzoni. (Questa soluzione è adottata automaticamente nel caso di rastremazione della sezione).

Lunghezza (cm) Consente di definire la lunghezza degli spezzoni di ancoraggio.

Numero per lato Diametro (mm)	1	Riprese Ferri correnti Ferri piegati + spezzoni Lunghezza (cm) 70			
Lato 1					

Per la modifica dei ferri disposti sul lato 1 è necessario agire sui parametri riportati nella relativa finestra:

Numero per lato: Numero di barre in corrispondenza di ogni lato 1 della sezione, presenti in tutte le sezioni del pilastro nel piano di interesse.

Diametro (mm): Diametro dei ferri di lato 1.

Opzione *Ferri correnti* Consente di proseguire le armature nel pilastro superiore per la realizzazione dell'ancoraggio.

Opzione *Ferri correnti + spezzoni* Consente realizzare la piegatura dei ferri di armatura del piano all'interno del pilastro, e inserire i ferri di ripresa mediante spezzoni. (Questa soluzione è adottata automaticamente nel caso di rastremazione della sezione).

Lunghezza (cm) Consente di definire la lunghezza degli spezzoni di ancoraggio.

Per la modifica dei ferri disposti sul lato 2 è necessario agire sui parametri riportati nella relativa finestra:

Numero	4	Tratto superiore 0
Diametro (mm)	16	Tratto inferiore 0
Vertice Ann	1	

Numero per lato: Numero di barre in corrispondenza di ogni lato 2 della sezione, presenti in tutte le sezioni del pilastro nel piano di interesse.

Diametro (mm): Diametro dei ferri di lato 2.

Opzione *Ferri correnti* Consente di proseguire le armature nel pilastro superiore per la realizzazione dell'ancoraggio.

Ferri di vertice aggiuntivi Opzione Ferri correnti + spezzoni Consente realizzare la piegatura dei ferri di armatura del Ferri lato 1 Ferri lato 1 aggiuntivi piano all'interno del pilastro, e inserire i ferri di ripresa mediante spezzoni. (Questa soluzione è Ferri lato 2 aggiuntivi Ferri lato 2 adottata automaticamente nel caso di rastremazione della sezione). Riprese Lunghezza (cm) Consente di definire la Ferri correnti 1 Numero per lato lunghezza degli spezzoni di ancoraggio. Ferri piegati + spezzoni I Ferri di vertice aggiuntivi sono armature 14 Diametro (mm) Lunghezza (cm) 70 disposte in aggiunta a quelle di vertice, posizionati nei vertici della sezione, in Lato 2

Capitolo 17 Pag. 7

corrispondenza della quota dei solaio o della trave inferiore del piano di interesse.

Per la modifica dei ferri di vertice aggiuntivi è necessario agire sui parametri riportati nella relativa finestra:

Numero: Numero di barre in corrispondenza dei vertici della sezione.

Diametro (mm): Diametro dei ferri di vertice aggiuntivi.

Tratto superiore Lunghezza della parte superiore (posizionata all'interno del piano di interesse) dei ferri aggiuntivi.

Tratto inferiore Lunghezza della parte inferiore (posizionata all'interno del piano inferiore rispetto a quello di interesse) dei ferri aggiuntivi.

I Ferri di lato aggiuntivi sono armature disposte in aggiunta a quelli di lato correnti, posizionati sui vertici della

	Numero per lato	0	Tratto superiore	0
	Diametro (mm)	14	Tratto inferiore	0
, , ,		Late	1 Aga	

sezione, in corrispondenza della quota dei solaio o della trave inferiore del piano di interesse.

Per la modifica dei ferri di lato aggiuntivi è necessario agire sui parametri riportati nella relativa finestra:

Numero per lato: Numero di barre per lato disposte in corrispondenza dei lati 1.

Diametro (mm): Diametro dei ferri di lato aggiuntivi.

Tratto superiore Lunghezza della parte superiore (posizionata all'interno del piano di interesse) dei ferri aggiuntivi.

Tratto inferiore Lunghezza della parte

Numero per lato	0	Tratto superiore 0
Diametro (mm)	14	Tratto inferiore 0
		Lato 2 Agg.

inferiore (posizionata all'interno del piano

inferiore rispetto a quello di interesse) dei ferri aggiuntivi.

Numero per lato: Numero di barre per lato disposte in corrispondenza dei lati 2.

Diametro (mm): Diametro dei ferri di lato aggiuntivi.

Tratto superiore Lunghezza della parte superiore (posizionata all'interno del piano di interesse) dei ferri aggiuntivi.

Tratto inferiore Lunghezza della parte inferiore (posizionata all'interno del piano inferiore rispetto a quello di interesse) dei ferri aggiuntivi.

 Copia numero o passo Copia diametro Copia lunghezza

Copia proprietà Consente di estendere le proprietà relative ad un'armatura longitudinale o di una staffatura ad un'altra armatura longitudinale o staffatura.

Le proprietà di cui eseguire la copia possono essere scelte tra quelle proposte nella finestra che è visualizzata facendo Click con il tasto destro del mouse sul tasto.

Per eseguire la copia delle proprietà è necessario eseguire i seguenti comandi:

- 1. Premere con il tasto destro del mouse sul comando *Copia proprietà* per la visualizzazione delle opzioni di scelta.
- 2. Selezionare l'opzione di interesse.
- 3. Premere il comando Copia proprietà con il tasto sinistro del mouse.
- 4. Fare Click con il tasto sinistro del mouse sull'armatura origine, che si colora di rosso.
- 5. Fare Click con il tasto sinistro del mouse sull'armatura di destinazione, che si colora di giallo.
- 6. Confermare la modifica premendo il tasto destro del mouse.

2000

Congela interpiani automatico Consente l'eliminazione automatica dei piani della pilastrata, in cui non è presente alcuno spessore di trave. Il comando esegue in automatico il riordino delle armature longitudinali, lasciando inalterate le staffature.



Congela/scongela interpiani manuale Consente l'eliminazione mediante Click del mouse sull'interpiano di interesse, dei piani della pilastrata in cui non è presente alcuno spessore di trave. Il comando esegue in automatico il riordino delle armature longitudinali, lasciando inalterate le staffature. Il comando consente anche il ripristino (scongela) dell'interpiano eliminato mediante un Click del mouse sull'interpiano di interesse.



Il comando per la generazione del computo dei materiali.

Per la generazione del computo dei materiali è sufficiente attivare il comando **Computo dei ferri** per la visualizzazione della finestra *Computo* che riporta, in formato .rtf il computo dei materiali.

Per ottenere il computo di un gruppo di pilastri simili, è sufficiente attivare i pilastri di interesse nella cornice *Pilastri simili* e premere il comando *Computo dei ferri*; nel file di computo saranno riportate le quantità totali.

a la compañía	and a state				
ANTINAM	Bright Estat	Course Transition 11	C. I. Standard Street,	Description of the local sectors	
	10	the second second	100.0	00.04	
	10	12	360.0	69.00	
-	100	12	200.0	20.27	
5	100	12	12010	6.01	
3		14	120.0	0.00	
Staffer.					
Pasis	Namero	Dian Javini	Langh Jern)	Perce (data)	
PT:	4	8	120 D	1,89	
Pt	4	8	120.0	7.89	
Valaime ci	eloestharzo + acciaia = 6.85	0,42 mc 1,60 dahlimi			
rayorolla Valaine c Incidenta	elosidharzo = acciaia = d.85	0,42 mc 1,60 daMine			

La barra dei menu (File, Generazione multipla delle armature, Generazione file DXF, Opzioni)

Il menu *File* ►

Apri Consente il recupero di un file di lavoro archiviato (estensione .PIL proposta di default); le modalità di utilizzo della finestra di dialogo sono quelle tipiche di Windows.

Salva Per archiviare il lavoro corrente.

Salva con Nome Come sopra, nel caso in cui si desideri modificare il nome dell'archivio.

Preferenze ►

Impostazioni di default Consente di ripristinare le impostazioni proposte in automatico.

Salva impostazioni Imposta i parametri definiti come preferenze.

Colore sfondo Consente di impostare il colore dello sfondo scegliendo tra i colori proposti: *Nero, Grigio, Bianco.*

Esci Per terminare la sessione di lavoro in corso.

Il comando Generazione multipla delle armature

Il comando consente di accedere alla finestra di generazione multipla delle armature.

La finestra contiene i seguenti oggetti:

Cornice Opzioni

Contiene le opzioni di generazione con raggruppamento e imposizione delle armature:

Raggruppa pilastri con uguale geometria ed armatura Consente di raggruppare i pilastri simili aventi medesima geometria ed armatura; questa metodologia consente di ridurre il numero dei pilastri disegnati. Raggruppa pilastri con uguale geometria imponendo la massima armatura Consente di raggruppare i pilastri simili aventi medesima geometria, assegnando ad ogni gruppo l'armatura massima dei pilastri che ne fanno parte; questa metodologia consente di ridurre il numero dei pilastri disegnati e di uniformare le armature.

La finestra dei file dati pilastri disponibili, riporta i file dei pilastri di cui è possibile ottenere il disegno.

L'opzione *Congela interpiani* Consente l'eliminazione automatica degli interpiani privi dello spessore della trave o del solaio. L'eliminazione avviene in tutti i pilastri del gruppo ed è visualizzabile nel file .dxf.

L'opzione *Legatura automatica dei ferri interni* Consente l'inserimento automatico dei ferri di collegamento (legature) dei ferri di parete. L'inserimento avviene in tutti i pilastri del gruppo ed è visualizzabile nel file .dxf.

Il comando Ok consente di salvare le impostazioni attivate.

Generazione multipla delle armature	×
Attenzione. Per produrre i file di armatura dell'intero modello va preventivamente eseg Menu Pro_SAP -> Contesto -> Generazione esecutivi -> Escecutivi pilastr	uito il comando: i c.a. <invid></invid>
Opzioni © [Raggruppa pilastri con uguale geometria ed armatura] © Raggruppa pilastri con uguale geometria imponendo la massima arm	natura
D:\ DATI DEMO PRIMA PARTE TELAIO X ESECUTIVI_DATA DISEGNI	 Congela interpiani Legatura automatica dei ferri interni <u>Q</u>k <u>A</u>nnulla
l ➡ d: [Dati_Rd]	

Il comando Generazione file DXF

Questo comando attiva la finestra *Disegno DXF*, per la definizione dei parametri di generazione del file di disegno.

Prima di attivare il comando *Genera file DXF* è necessario effettuare il salvataggio delle modifiche eseguite sul pilastro.

DATI DATI DEND PRIMA PARTE	File dati	diponbA
TELAID X ESECUTIVI, DATA	Aggung the Firework the	Aggiungi Mil
Del Del Rd	File del per p	inenazione DVF
(_4Q_43pbx		

La finestra *Disegno DXF* contiene:

La cartella File

Contiene i comandi di gestione dei file dei pilastri:

La finestra dei file dati pilastri disponibili, riporta i file dei pilastri di cui è possibile ottenere il disegno.

La finestra dei file dati per generazione DXF con i relativi comandi. Riporta i file dati dei pilastri di cui vengono generati i disegni. Tutti i disegni realizzati contemporaneamente vengono riuniti in un unico file con estensione DXF.

I comandi che permettono di effettuare la scelta dei pilastri da disegnare sono i seguenti:

Aggiungi file / Aggiungi tutti Consente di trasferire uno o più / tutti i pilastri selezionati nella finestra dei file dati per la generazione del file DXF.

Per eliminare dalla finestra dei file dati per la generazione del DXF eventuali pilastri di cui non si desidera il disegno, è sufficiente selezionarli e attivare il comando *Rimuovi file / Rimuovi tutti*.

L'opzione Visualizza il computo in formato RTF al termine della generazione del file DXF consente la generazione e l'apertura automatica della finestra di visualizzazione del computo dei materiali.

La cartella Impostazioni

Contiene i parametri di generazione del disegno:

La cornice Layer Consente la definizione dei colori dei layer utilizzati nel disegno.

La cornice *Computo ferri* Consente di realizzare il computo dei materiali sia nel disegno che in un file di tipo .rtf, con possibilità di apertura al termine con il comando *Visualizza computo (rtf)*.

Inserisci nel file DXF Consente l'inserimento del computo dei materiali nel file disegno.

Peso acciaio per diametro Consente la suddivisione delle quantità contenute nel computo, in base alle tipologie di diametri.

La cornice *Scala* Consente la definizione del rapporto di scala del disegno, in base all'equivalenza tra unità di disegno e unità di misura.

La cornice *Chiusura staffe* Consente di definire il tipo di piega da impostare all'ancoraggio delle staffe.

La cornice *Tipo di disegno* Consente di definire la tipologia di disegno del pilastro. Le opzioni riportate consentono di scegliere tra il disegno completo del pilastro e la tabella pilastri. Nel caso di disegno completo, è possibile optare per il disegno della sezione longitudinale tipo A (tipica della direzione X), tipo B (tipica della direzione Y) o entrambe.

Nel caso di tabella pilastri, il disegno sarà costituito da una griglia che contiene, per ogni interpiano, i seguenti elementi:

Numero del pilastro Numero del piano I tratti di staffatura: lunghezza/passo Il disegno della sezione trasversale e delle staffe Le posizioni longitudinali: numero della posizione, numero dei ferri, diametro, lunghezza complessiva.

La cornice *Notazione ferri* Consente la definizione del testo descrittivo associato alle armature; la scelta può essere operata tra le seguenti:

Numero di posizione Consente l'inserimento del numero della posizione di armatura.

Numero e diametro Consente l'inserimento della descrizione dell'armatura mediante il diametro e il numero di ferri.

La cornice *Sezioni* Consente la definizione del numero e della posizione delle sezioni trasversali del pilastro. La scelta può essere operata tra le seguenti:

Sezione superiore Consente di realizzare la sezione in prossimità dell'estremo superiore del pilastro; Sezione media Consente di realizzare la sezione in prossimità della mezzaria del pilastro;

Sezione inferiore Consente di realizzare la sezione in prossimità dell'estremo inferiore del pilastro;

Sezione quotata Consente di rappresentare la sezione trasversale completa di quote geometriche;

Staffe Consente di realizzare il disegno della staffa relativa alla sezione trasversale rappresentata.

L'opzione *Impostazione da file* Consente di generare il disegno mantenendo, per ogni pilastro, le proprie impostazioni, presenti all'interno del file tipo plx.

I comandi di generazione:

Salva impostazioni Consente il salvataggio dei parametri contenuti nella finestra *Disegno DXF* per l'utilizzo in successive sessioni di lavoro.

Impostazioni di default Consente l'impostazione dei parametri contenuti nella finestra *Disegno DXF* in base al prototipo definito in modo automatico.

Genera File Dxf Consente la generazione del disegno.

Esci Consente di chiudere la finestra Disegno DXF.

None	Colore	Norse		Color		
A\$51		TESTO_TITO	U			
UNEE		TEST0_POS	1210NI			
FERRI		TESTO_FER	RI			
FERRUSEZ		TESTO_DOM	FUTI			
QUOTE		TESTO_SEZ	ON			
TESTO_QUOTE		SEZIONI				
ASSI_FERRO_SEZ		QU_H_SOLA	10			
TESTO_L_PAPZ		TRATTO_DO	0TA			
TESTO_STAFFE		TESTO_QU	st			
Computo fers F Intrastoci red Ba DOF F Petro accisio per diametro Visualizza computo (#1) Scola [1.00] cm = [1.00] smith (mb. sectoric units #2)	Too di deegno Completo C	IF Sec A IF Sec B ti tions densi Re C image	Sedo (P	n I - Sentore ruped I - Sentore reda I - Sentore infeto I - Sentore quoted I - Sentore quoted I - Sentore		
Chaouro stalle P. Ad uncino C. Regala internamente a 45:	Notazione fest P Nursen di p P Nursen e di	osizione wretro	🔿 Importazione da illa			

Il comando Opzioni

Il comando consente l'ingresso nella finestra *Opzioni*, che consente la definizione dei parametri di disegno relativi al contenuto della finestra principale di lavoro.

La cartella *Colori* Consente la definizione dei colori delle parti del disegno riportato nella finestra principale di lavoro. Sono riportati i comandi relativi all'impostazione automatica dei colori in base al tipo di sfondo richiesto.

La cartella *Ferri* Consente la definizione dei parametri relativi alle armature del disegno riportato nella finestra principale di lavoro.

Notazione ferri Consente la definizione del testo descrittivo associato alle armature; la scelta può essere operata tra le seguenti: Numero e posizione e Numero e diametro.

Legature Consente la rappresentazione delle legature dei ferri di parete.

Riprese dei ferri Consente la definizione e la modifica della lunghezza di ancoraggio delle armature, espressa in numero di diametri.

Staffatura Consente la gestione dei tratti di staffatura, mediante le seguenti opzioni:

Tratto superiore da intradosso trave Consente di traslare il tratto superiore di staffatura al filo inferiore della trave.

Non disegnare le staffe nel nodo Consente di evitare di introdurre le staffe all'interno della porzione di pilastro individuata come nodo trave-colonna.

La cartella Varie Consente la definizione dei parametri relativi alla definizione delle sezioni trasversali da riportare nel disegno.

Numero piano di partenza Consente la definizione del piano di partenza (piano più basso della pilastrata) che gestisce il nome assegnato ai piani della pilastrata (P1, P2, P-1, ecc...).

La cornice *Sezioni* Consente la definizione del numero e della posizione delle sezioni trasversali del pilastro. La scelta può essere operata tra le seguenti:

Sezione superiore Consente di realizzare la sezione in prossimità dell'estremo superiore del pilastro; *Sezione media* Consente di realizzare la sezione in prossimità della mezzaria del pilastro;

Sezione inferiore Consente di realizzare la sezione in prossimità dell'estremo inferiore del pilastro; Sezione quotata Consente di rappresentare la sezione trasversale completa di quote geometriche; Staffe Consente di realizzare il disegno della staffa relativa alla sezione trasversale rappresentata.

I comandi di salvataggio e conferma:

Salva impostazioni Consente il salvataggio dei parametri contenuti nella finestra Opzioni per l'utilizzo in successive sessioni di lavoro.

Impostazioni di default Consente l'impostazione dei parametri contenuti nella finestra *Opzioni* in base al prototipo definito in modo automatico.

Ok Consente la conferma delle opzioni selezionate.

Annulla Consente di uscire dalla finestra senza salvare le opzioni.

éré .		tip dena		- (Q) - 4	Uprine .				
Colari Free	Yes	Celos F	ausi Vano	T f	Colori	Fen	Vain		
Boná pásitra		Notazione fani							
Ami		Numero di pessone	C. Numero e diamateo			1/2	-		
Anni kongeleti		Legetare			Nutreto pieno d	ipatanco. D			
Amentum		/* 5i	17. He						
Quite		Research dei fan i			Desixe				
Test		Lunghozza minima pari -	s daneti 40		F Sectore supe	icile 😺 Sacilei	a public		
Storedo					GP Sectors reds	 R they 			
Denortischoordi		Safatan T. Yuda ana da sa	and the second		T Sectore interi	97			
Imperiationi calcel predefinite	100		10000001010						
itondo neso itondo prigio Si	andobience	T. an and an and							
jaha monzazoni jingoniszłon	i detaur	Salva inpostasion	Japosteriori detud		Selve importan	ioni Imposta	ine defout		
Grade D	2	smite 1	a		grale	1. 7	2		

Capitolo 18

Generazione degli esecutivi di pareti, setti e piastre in c.a.

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la generazione delle armature e dei disegni dei setti e delle piastre in c.a..

- Avvio di PRO_CAD Setti/piastre
- Finestra principale di lavoro
- La finestra grafica per la visualizzazione della carpenteria e delle armature
- I comandi di modifica della geometria
- Le opzioni Progetto armatura e Vedi armatura
- Modifica delle armature
- Il menu Genera file Dxf
- Il menu Informazioni

Esecutivi di pareti in c.a.



Con parete si intendono gli elementi che hanno le caratteristiche descritte al §7.4.4.5 del D.M.2018. In PRO_SAP questi elementi strutturali devono essere progettati con il criterio *Progetto armatura* ► *Parete sismica*. Se l'elemento strutturale non ha le caratteristiche richieste da normativa non è una parete e pertanto non deve essere progettato con il criterio *Parete sismica*.

L'esecutivo delle pareti in c.a. viene generato con il modulo PRO_CAD disegno pareti.

Avvio di PRO_CAD pareti

Una volta che è stata eseguita la progettazione degli elementi strutturali è possibile generare gli esecutivi. Ci sono due metodi per generare gli esecutivi:

3) Dalla finestra di controllo generale (a cui si accede con il comando *Controlla*), con il comando *Genera esecutivi* ► *Esecutivo setto-piastra*

Utilizzando questo comando si apre automaticamente *PRO_CAD pareti* e vengono caricati i dati del macroelemento a cui appartiene l'elemento d3 selezionato.



4) Con il comando Contesto ► Generazione esecutivi ► Esecutivi setti-piastre c.a. In questo caso il modulo PRO_CAD pareti non si avvia automaticamente, è necessario aprire gli esecutivi dalla sottocartella disegni contenuta nella cartella data associata al modello

Finestra principale di lavoro di PRO_CAD pareti



La finestra di lavoro principale di PRO_CAD pareti contiene:

- I menù dei comandi
- La barra dei comandi
- La cornice dati parete

ll menù file

Il menù file contiene i classici comandi Apri, Salva, Salva con nome, Esci. Contiene anche il comando Impostazioni che consente di selezionare il colore dello sfondo della finestra grafica e degli elementi disegnati.

Genera file dxf

Apre la finestra *File DXF* che consente di generare il file DXF della parete, oltre che a selezionare le opzioni per la creazione dell'esecutivo.

Informazioni su

Visualizza la finestra con la versione del programma.

La barra dei comandi

La barra dei comandi contiene:

- i collegamenti rapidi per i comandi contenuti nel menù file (apri, salva, impostazioni)
- i comandi per impostare la vista
- i comandi per aggiungere ed eliminare sezioni della parete
- i comandi per assegnare un allineamento nel caso la sezione della parete non sia costante dalla base fino in sommità
- il comando per la generazione del computo metrico

La cornice Dati parete

La cornice *Dati parete*, posta nella parte destra della finestra del programma contiene dei comandi che consentono dei piccoli aggiustamenti delle dimensioni della parete. Questi comandi sono utili perché *PRO_CAD pareti* prende le dimensioni della parete dal modello di calcolo ma per diverse ragioni un modello agli elementi finiti può essere diverso dall'esecutivo della struttura.

In questa cornice per ogni piano della struttura sono disponibili i seguenti comandi:

- Spess. fondazione: consente di assegnare lo spessore degli elementi di fondazione per disegnare le riprese dell'armatura
- *Quota iniziale*: la quota a cui si trova la base della parete (viene automaticamente assunta dal modello di calcolo)
- *H*: l'altezza del piano in esame, espressa in cm

- Offset dx: nel caso la larghezza della parete reale sia diversa da quella considerata nel modello di calcolo, consente di allargare il lato destro della parete per avere nell'esecutivo le dimensioni reali dell'elemento strutturale
- Offset sx: nel caso la larghezza della parete reale sia diversa da quella considerata nel modello di calcolo, consente di allargare il lato sinistro della parete per avere nell'esecutivo le dimensioni reali dell'elemento strutturale



L'armatura delle pareti non è personalizzabile dal modulo *PRO_CAD pareti*. Se si desidera modificare l'armatura è necessario tornare in *PRO_SAP*, cambiare i criteri di progetto e rieseguire la progettazione. Il motivo è che l'armatura delle pareti è quella fissata dal D.M.2018 al §7.4.4.5, il progettista non può definire liberamente l'armatura.

Esecutivi di setti in c.a.



Con setti si intendono gli elementi che NON hanno le caratteristiche descritte al §7.4.4.5 del D.M.2018. In PRO_SAP questi elementi strutturali devono essere progettati con il criterio Progetto armatura ► Singolo elemento oppure Progetto armatura ► Singolo elemento non dissipativo.

L'esecutivo delle pareti in c.a. viene generato con il modulo PRO_CAD setti c.a.

Avvio di PRO_CAD setti c.a.

Una volta che è stata eseguita la progettazione degli elementi strutturali è possibile generare gli esecutivi. Ci sono due metodi per generare gli esecutivi:

1. Dalla finestra di controllo generale (a cui si accede con il comando Controlla), con il comando Genera esecutivi ► Esecutivo setto-piastra

Utilizzando questo comando si apre automaticamente PRO_CAD setti c.a. e vengono caricati i dati del macroelemento a cui appartiene l'elemento d3 selezionato.



2. Con il comando *Contesto* ► *Generazione esecutivi* ► *Esecutivi setti-piastre c.a.* In questo caso il modulo *PRO_CAD setti c.a.* non si avvia automaticamente, è necessario aprire gli esecutivi dalla sottocartella disegni contenuta nella cartella data associata al modello

Finestra principale di lavoro di PRO_CAD setti c.a.

ATTERNES TO ALL B		 THE ST.	
			Charlenge and Ch
			Ballar Ballar
			THE REAL PROPERTY AND ADDRESS OF THE PARTY O
			diam. diam.
			the second second
Parete 6			
and the second se			12 E 13 23 E
Section a price and s		543	
10.1	E 10		
12,12(21)	52 15 20		
1 C Long to	1.1.044641		
			Section 1
			17512: A
			12 C
			103/C 14
			C

La finestra di lavoro principale di PRO_CAD pareti contiene:

- I menù dei comandi
- La barra dei comandi
- La cornice dati parete

ll menù file

Il menù file contiene i classici comandi Apri, Salva, Salva con nome, Esci. Contiene anche il comando Impostazioni che consente di selezionare il colore dello sfondo della finestra grafica e degli elementi disegnati.

Genera file dxf

Apre la finestra *File DXF* che consente di generare il file DXF del setto, oltre che a selezionare le opzioni per la creazione dell'esecutivo.

Informazioni su

Visualizza la finestra con la versione del programma.

La barra dei comandi

La barra dei comandi contiene:

- i collegamenti rapidi per i comandi contenuti nel menù file (apri, salva, impostazioni)
 - i comandi per impostare la vista
 - i comandi per disporre armatura integrativa
 - i comandi per controllare le richieste di armatura integrativa
- i comandi per vedere l'anteprima dell'esecutivo
- i comandi per modificare la geometria dell'elemento
- i comandi per aggiungere ed eliminare sezioni dell'elemento
- i comandi per aggiungere ed eliminare le quote
- il comando per la generazione del computo metrico

La cornice Dati parete

Le informazioni contenute nella cornice Dati parete variano a seconda della mappa che è visualizzata:

- Se si sta visualizzando l'anteprima dell'esecutivo vengono riportati:
 - Orientamento delle armature
 - Diametro e passo dell'armatura (diffusa o aggiuntiva a seconda della mappa che si sta controllando)
- Se si stanno controllando le carenze di armatura vengono riportati:
 - Orientamento delle armature

- o Legenda della mappa delle carenze di armatura
- o Comandi per modificare il range della mappa delle carenze
- Diametro e passo dell'armatura diffusa
- Diametro e passo dell'armatura integrativa già inserita
- Se si stanno inserendo armature aggiuntive vengono riportati:
 - o Legenda della mappa delle carenze di armautra
 - o Diametro e passo dell'armatura diffusa
 - o Diametro e passo dell'armatura integrativa già definita

Modifica della geometria del setto

PRO_CAD setti c.a. prende le dimensioni dell'elemento dal modello di calcolo ma per diverse ragioni un modello agli elementi finiti può essere diverso dall'esecutivo della struttura. Per questo motivo il programma mette a disposizione dei comandi che consentono di modificare la geometria del setto per farla coincidere con quella della struttura reale.



I comandi a disposizione sono:

- Modifica perimetro
- Quota solaio
- Parete trasversale
- Modifica solaio o parete
- Cancella solaio o parete

Modifica perimetro

Il comando *Modifica perimetro* consente di modificare la posizione dei vertici della parete (perimetro esterno) e di quelli di eventuali aperture (perimetro interno).

Per utilizzare il comando è sufficiente selezionare il nodo sui cui agire e specificare le nuove coordinate.





Una volta modificata la geometria è necessario utilizzare il comando *Assegna perimetro* per confermare le modifiche. Se non si usa il comando la geometria del setto non viene modificata.

Quota solaio

Il comando quota solaio consente di aggiungere un solaio in testa o al piede del setto oppure un elemento di fondazione con le relative riprese di armatura:



Per definire il solaio o la fondazione i dati richiesti sono la quota a cui inserire l'elemento e gli eventuali offset. È anche possibile indicare che il solaio o la fondazione sono presenti solo su un lato del setto, nel caso si tratti di un elemento perimetrale.

Parete trasversale

Il comando parete trasversale consente di aggiungere la traccia di pareti o setti ortogonali a quello in esame:



Per definire la parete od il setto i dati richiesti sono la quota a cui inserire l'elemento e gli eventuali offset. È anche possibile indicare che il solaio o la fondazione sono presenti solo su un lato del setto, nel caso si tratti di un elemento perimetrale.

Modifica solaio o parete

Il comando modifica solaio o parete consente di modificare la geometria di elementi solaio, fondazioni ooppure setti o pareti trasversali già definite. I dati richiesti sono gli stessi richiesti per la definizione dell'elemento.



Cancella solaio o parete

Il comando consente di eliminare solai, fondazioni oppure setti o pareti trasversali definite in precedenza.

Controllo delle carenze di armatura

È possibile controllare le carenze di armatura del setto con i comandi contenuti nel menù *Controlla richieste di armatura*:





Il modulo *PRO_CAD setti c.a.* non esegue calcoli o verifiche. I dati sulla carenza di armatura sono trasmessi da *PRO_SAP*. L'armatura aggiuntiva necessaria è la stessa che si vede in *PRO_SAP* con il comando *Af nodi* ► *Mappa Af aggiuntiva*. La differenza è che in *PRO_SAP* si legge la richiesta di l'armatura aggiuntiva totale in ogni nodo, in *PRO_CAD* setti c.a. è possibile vedere l'armatura integrativa necessaria su ogni lato della parete e per ogni direzione.

Dopo aver definito le armature integrative con i comandi per le eccedenze si può controllare di quanto l'armatura integrativa definita supera la richiesta di armatura calcolata da PRO_SAP.

Definizione dell'armatura integrativa

L'armatura integrativa è un'armatura che viene inserita in aggiunta alla maglia di base per risolvere problemi locali del setto. Per definizione dovrebbe essere inserita solamente in porzioni limitate dell'elemento strutturale. Per questa ragione prima di generare l'esecutivo si consiglia di controllare con cura i risultati della progettazione in PRO_SAP per accertarsi che la maglia di base sia progettata correttamente. Se fosse necessaria armatura aggiuntiva su gran parte dell'elemento strutturale si consiglia di NON generare l'esecutivo, modificare i criteri di progetto (diametro e/o passo della maglia di base) e di rifare la progettazione.

Il modulo *PRO_CAD setti c.a.* fornisce un avviso nel caso serva armatura integrativa su gran parte dell'elemento strutturale e quindi non si tratti di un problema locale risolvibile con armautra integrativa, avvisando l'utente della necessità di rivedere i criteri di progetto e di rifare la progettazione:



Nel caso al termine delle verifiche risulti necessario inserire armatura integrativa per prima cosa bisogna scegliere il lato del setto su cui agire e la direzione in cui definire l'armatura integrativa:



Successivamente si deve attivare il comando Inserisci armatura integrativa:

Bisogna disegnare un box sull'area dove si intende inserire l'armatura integrativa. *PRO_CAD setti c.a.* calcolerà in automatico l'armatura da inserire basandosi sulla carenza calcolata da PRO_SAP e sul diametro dei ferri aggiuntivi definito dall'utente nei criteri di progetto di PRO_SAP. L'utente è comunque libero di personalizzare l'armatura integrativa da inserire:

		Cherry Co.	
Dell Insustante Disease (Insul Providenti Condense (Insure) Condense (Insure)	र 187 म 185 म आद		
In the state Antipicante of 1, bell test- alt totally in the checking Relational a reading 1 to one Relational a reading 1 to one	de 1 4 barles 1 + 200 cm • De example: C 00 program prog (14 éconolais: C 02 program	Ĵ	
Printing accord	Annala		
Welflerageworks	04		

Nell'inserimento dell'armatura aggiuntiva il programma considera automaticamente le opportune lunghezze di ancoraggio dei ferri.

Se fosse necessario definire più di un'area di armatura integrativa una volta inserita la prima area è possibile cliccare con il tasto destro del mouse in un punto qualunque della finestra grafica per ripetere l'ultimo comando utilizzato.

Gli altri comandi per la gestione delle armature integrative sono:



- Copia armatura: consente di copiare un'area di armatura integrativa già definita in un'altra posizione del setto
- *Copia armatura sul lato opposto*: consente di copiare l'armatura integrativa definita sul lato opposto del setto, in modo da armare il setto in maniera simmetrica
- Sposta armatura: consente di modificare la posizione di un'area di armatura integrativa già definita
- Cancella armatura integrativa: consente di eliminare un'area di armatura integrativa già definita

• Informazioni armature nodi: consente di interrogare un nodo del setto per avere le informazioni sulle armature presenti in quel punto. I nodi del setto coincidono con i nodi della mesh che è stata modellata in PRO_SAP

Generazione del file DXF

Prima di generare il file dxf è possibile inserire delle sezioni e delle quote:



I comandi hanno la seguente funzione:

- Nuova sezione orizzontale
- Nuova sezione verticale
- Sposta sezione
- Cancella sezione
- Sposta riferimento posizione: il comando è attivo solo se viene visualizzata la tavola delle armature integrative. Sposta il simbolo che indica il numero della posizione dell'armatura integrativa
- Quota orizzontale
- Quota verticale
- Quota allineata: genera una quota allineata con i lati del setto qualora non siano né orizzontali né verticali
- Cancella quota
- Quotatura continua
- Sposta quota
- Visibilità quota: consente di indicare se la quota deve essere visibile in tutte le tavole o solo in alcune
- Quota automatica: genera automaticamente tutte le quote. L'utente ha comunque la possibilità di modificare le quote generate automaticamente o di integrarle con altre quote

Una volta impostata la tavola è possibile creare il file dxf con il comando *Genera file DXF* che consente di accedere alla finestra *Disegno DXF*:



La finestra contiene le seguenti opzioni:

- Percorso
- *Elenco dei file .set presenti nel percorso selezionato*: consente di vedere tutti i setti del modello di calcolo di cui è stato generato l'esecutivo
- File dati per generazione dxf: elenco dei setti da riportare nel file dxf
- Comandi per la sezione dei file .set: consentono di spostare i file .set tra le due finestre in modo da selezionare gli elementi da riportare nel file dxf
- *Cornice layer*: consente di selezionaare il nome ed il colore dei layer che saranno creati nel file dxf. Consente anche di selezionare quali layer disegnare nel file dxf e quali non riportare
- Cornisce scala di stampa: consente di indicare la scala del disegno

- DXF compatibilità R12: consente di generare un file dxf compatibile con la versione 12 di Autocad
- Genera file DXF: crea il file dxf con i setti selezionati
- Salva impostazioni: salva le impostazioni per poterle riutilizzare in altri progetti
- Impostazioni di default: ripristina le impostazioni di default di PRO_CAD setti c.a.

Esecutivi di gusci in c.a.



Con parete si intendono gli elementi che hanno le caratteristiche descritte al §7.4.4.5 del D.M.2018. In PRO_SAP questi elementi strutturali devono essere progettati con il criterio *Progetto armatura* ► *Parete sismica*. Se l'elemento strutturale non ha le caratteristiche richieste da normativa non è una parete e pertanto non deve essere progettato con il criterio *Parete sismica*.

L'esecutivo dei gusci in c.a. viene generato con il modulo PRO_CAD solette c.a.

Avvio di PRO_CAD solette c.a.

Una volta che è stata eseguita la progettazione degli elementi strutturali è possibile generare gli esecutivi. L'esecutivo di un guscio in c.a. si può ottenere a partire dalla finestra di controllo generale (a cui si accede con il comando *Controlla*), con il comando *Genera esecutivi* ► *Esecutivo setto-piastra*

			/		
	-	1			
1	nii.	1			
		12	2.7	2	
1			1	1	
*		29	1		
		1			

Utilizzando questo comando si apre automaticamente *PRO_CAD solette c.a.* e vengono caricati i dati del macroelemento a cui appartiene l'elemento d3 selezionato.

Finestra principale di lavoro di PRO_CAD solette c.a.



La finestra di lavoro principale di PRO_CAD pareti contiene:

- I menù dei comandi
- La barra dei comandi
- La cornice dati soletta

ll menù file

Il menù file contiene i classici comandi Apri, Salva, Salva con nome, Esci. Contiene anche il comando Impostazioni che consente di selezionare il colore dello sfondo della finestra grafica e degli elementi disegnati.

Genera file dxf

Apre la finestra *File DXF* che consente di generare il file DXF della soletta, oltre che a selezionare le opzioni per la creazione dell'esecutivo.

Informazioni su

Visualizza la finestra con la versione del programma.

La barra dei comandi

La barra dei comandi contiene:

- i collegamenti rapidi per i comandi contenuti nel menù file (apri, salva, impostazioni)
 - i comandi per impostare la vista
 - i comandi per disporre armatura integrativa
 - i comandi per disporre armatura a taglio
 - i comandi per controllare le richieste di armatura integrativa
 - i comandi per vedere l'anteprima dell'esecutivo
 - i comandi per modificare la geometria dell'elemento
 - i comandi per aggiungere ed eliminare sezioni dell'elemento
 - i comandi per aggiungere ed eliminare le quote
 - il comando per la generazione del computo metrico

La cornice Dati soletta

Le informazioni contenute nella cornice *Dati soletta* variano a seconda della mappa che è visualizzata:

- Se si sta visualizzando l'anteprima dell'esecutivo vengono riportati:
 - Orientamento delle armature
 - Diametro e passo dell'armatura (diffusa o aggiuntiva a seconda della mappa che si sta controllando)
- Se si stanno controllando le carenze di armatura vengono riportati:

- o Orientamento delle armature
- Legenda della mappa delle carenze di armatura
- o Comandi per modificare il range della mappa delle carenze
- Diametro e passo dell'armatura diffusa
- o Diametro e passo dell'armatura integrativa già inserita
- Se si stanno inserendo armature aggiuntive vengono riportati:
 - Legenda della mappa delle carenze di armautra
 - o Diametro e passo dell'armatura diffusa
 - o Diametro e passo dell'armatura integrativa già definita

Modifica della geometria della soletta

PRO_CAD solette c.a. prende le dimensioni dell'elemento dal modello di calcolo ma per diverse ragioni un modello agli elementi finiti può essere diverso dall'esecutivo della struttura. Per questo motivo il programma mette a disposizione dei comandi che consentono di modificare la geometria della soletta per farla coincidere con quella della struttura reale.



Il comando *Modifica perimetro esterno* consente di modificare la posizione dei vertici della soletta Per utilizzare il comando è sufficiente selezionare il nodo sui cui agire e specificare le nuove coordinate. È anche possibile utilizzare come riferimento per lo spostamento i nodi di altri elementi strutturali riportati nel disegno (per esempio pilastri o pareti) utilizzando il comando *osnap*:



Una volta modificato il singolo vertice è necessario usare il comando Assegna coordinate al vertice per confermare le modifiche. Una volta modificata la geometria è necessario utilizzare il comando Assegna perimetro per confermare le modifiche. Se non si usano questi due comandi la geometria della soletta non viene modificata.

Controllo delle carenze di armatura

È possibile controllare le carenze di armatura della soletta con i comandi contenuti nel menù *Controlla richieste di armatura*:





Il modulo PRO_CAD solette c.a. non esegue calcoli o verifiche. I dati sulla carenza di armatura sono trasmessi da PRO_SAP. L'armatura aggiuntiva necessaria è la stessa che si vede in PRO_SAP con il comando *Af nodi* ► *Mappa Af aggiuntiva*. La differenza è che in PRO_SAP si legge la richiesta di l'armatura aggiuntiva totale in ogni nodo, in PRO_CAD solette c.a. è possibile vedere l'armatura integrativa necessaria su ogni lato della parete e per ogni direzione.

Il comando *Area richiesta arm. a punzonamento* serve a controllare la richiesta di armatura a punzonamento in corrispondenza dei pilastri in c.a. che è stata calcolata automaticamente da PRO_SAP.

Dopo aver definito le armature integrative, con i comandi per le eccedenze si può controllare di quanto l'armatura integrativa definita supera la richiesta di armatura calcolata da PRO_SAP.

Definizione dell'armatura integrativa

L'armatura integrativa è un'armatura che viene inserita in aggiunta alla maglia di base per risolvere problemi locali della soletta. Per definizione dovrebbe essere inserita solamente in porzioni limitate

dell'elemento strutturale, per esempio in corrispondenza dei nodi dove si trova un pilastro. Per questa ragione prima di generare l'esecutivo si consiglia di controllare con cura i risultati della progettazione in PRO_SAP per accertarsi che la maglia di base sia progettata correttamente. Se fosse necessaria armatura aggiuntiva su gran parte dell'elemento strutturale si consiglia di NON generare l'esecutivo, modificare i criteri di progetto (diametro e/o passo della maglia di base) e di rifare la progettazione. Il modulo *PRO_CAD solette c.a.* fornisce un avviso nel caso serva armatura integrativa su gran parte dell'elemento strutturale o passo della necessità di rivedere i criteri di progetto e di rifare la progettazione.



Nel caso al termine delle verifiche risulti necessario inserire armatura integrativa per prima cosa bisogna scegliere il lato della soletta su cui agire e la direzione in cui definire l'armatura integrativa o l'armatura per taglio:

b	「「「「「「」」」「「」」「「」」「」」「「」」「」」「」」「」」「」」「」」
R.	Ottimizza armatura flessionale diffusa
9,5	Disponi armatura integrativa dir.1 sup
13	Disponi armatura integrativa dir.2 sup
9,9	Disponi armatura integrativa dir.1 inf
1.9	Disponi armatura integrativa dir.2 inf
0'6	Disponi armatura integrativa a taglio

Inserimento dell'armatura integrativa

Ci sono due comandi che consentono la definizione di armatura integrativa:

- Inserisci armatura integrativa
- Inserisci cordoli perimetrali



Inserisci armatura integrativa consente di disegnare un box sull'area dove si intende inserire l'armatura integrativa. *PRO_CAD solette c.a.* calcolerà in automatico l'armatura da inserire basandosi sulla carenza calcolata da PRO_SAP e sul diametro dei ferri aggiuntivi definito dall'utente nei criteri di progetto di PRO_SAP. L'utente è comunque libero di personalizzare l'armatura integrativa da inserire:



Nell'inserimento dell'armatura aggiuntiva il programma considera automaticamente le opportune lunghezze di ancoraggio dei ferri.

Se fosse necessario definire più di un'area di armatura integrativa una volta inserita la prima area è possibile cliccare con il tasto destro del mouse in un punto qualunque della finestra grafica per ripetere l'ultimo comando utilizzato.

Inserisci cordolo perimetrale consente di creare un cordolo su un lato della soletta indicando l'armatura integrativa e le staffe:

												-	
)					Y					(
angele a engele													
NUT THE DESIGN													ALTO 1 - GAD 200
ertigen lafte.													And an and the second second
													Advantation (spectrum)
													Territoria (1)
	5										1		

Se fosse necessario definire più di un cordolo, una volta definito il primo è possibile cliccare con il tasto destro del mouse in un punto qualunque della finestra grafica per ripetere l'ultimo comando utilizzato.

Inserimento dell'armatura per taglio e per punzonamento

L'armatura a punzonamento viene automaticamente inserita dal modulo *PRO_CAD solette c.a.* in base al progetto eseguito da PRO_SAP ed ai criteri di progetto definiti dall'utente in PRO_SAP. È possibile controllare l'armatura a punzonamento con il comando *Vedi esecutivi* > *Visualizza armatura a taglio*:



Per inserire l'armatura a taglio sono disponibili due comandi:

- Inserisci cordoli perimetrali
- Inserisci armatura a taglio



Inserisci cordolo perimetrale consente di creare un cordolo su un lato della soletta indicando l'armatura integrativa e le staffe:



Se fosse necessario definire più di un cordolo, una volta definito il primo è possibile cliccare con il tasto destro del mouse in un punto qualunque della finestra grafica per ripetere l'ultimo comando utilizzato.

Inserisci armatura a taglio consente di disegnare un box sull'area dove si intende inserire l'armatura per taglio. *PRO_CAD solette c.a.* calcolerà in automatico l'armatura da inserire basandosi sulla carenza calcolata da PRO_SAP e considerando lo stesso diametro dei ferri indicato per i cavallotti distanziatori tra le due maglie di armatura. L'utente è comunque libero di personalizzare l'armatura a taglio da inserire:



Se fosse necessario definire più di un'area di armatura a taglio una volta inserita la prima area è possibile cliccare con il tasto destro del mouse in un punto qualunque della finestra grafica per ripetere l'ultimo comando utilizzato.



I cavallotti distanziatori tra la maglia di armatura superiore e quella inferiore sono elementi resistenti a taglio. La carenza per taglio quindi è data dalla carenza calcolata da PRO SAP a cui viene sottratta l'area dei cavallotti. Se la richiesta di armatura per taglio è piccola è possibile che sia coperta già dai cavallotti. In questi casi, anche se PRO SAP segnala la richiesta di armatura per taglio in

PRO CAD solette c.a. la carenza sarà zero perché coperta dai cavallotti distanziatori. Se la richiesta di armatura per taglio è piccola è anche possibile aumentare il diametro o calare il passo dei cavallotti per coprire la carenza con i distanziatori anziché inserendo armatura per taglio.

Gli altri comandi per la gestione delle armature integrative

Gli altri comandi per la gestione delle armature integrative sono:



- Copia armatura: consente di copiare un'area di armatura integrativa già definita in un'altra posizione del setto
- Copia armatura sul lato opposto: consente di copiare l'armatura integrativa definita sul lato opposto • del setto, in modo da armare il setto in maniera simmetrica
- Sposta armatura: consente di modificare la posizione di un'area di armatura integrativa già definita
- Cancella armatura integrativa: consente di eliminare un'area di armatura integrativa già definita •
- Informazioni armature nodi: consente di interrogare un nodo del setto per avere le informazioni sulle • armature presenti in quel punto. I nodi del setto coincidono con i nodi della mesh che è stata modellata in PRO SAP

Generazione del file DXF

Prima di generare il file dxf è possibile inserire delle sezioni e delle quote:



I comandi hanno la seguente funzione:

- Nuova sezione orizzontale
- Nuova sezione verticale
- Sposta sezione
- Cancella sezione
- Sposta riferimento posizione: il comando è attivo solo se viene visualizzata la tavola delle armature integrative. Sposta il simbolo che indica il numero della posizione dell'armatura integrativa
- Quota orizzontale
- Quota verticale
- Quota allineata: genera una quota allineata con i lati della soletta qualora non siano né orizzontali né verticali
- Cancella quota
- Quotatura continua
- Sposta quota
- Visibilità quota: consente di indicare se la quota deve essere visibile in tutte le tavole o solo in alcune
- Quota automatica: genera automaticamente tutte le quote. L'utente ha comunque la possibilità di modificare le quote generate automaticamente o di integrarle con altre quote

Una volta impostata la tavola è possibile creare il file dxf con il comando *Genera file DXF* che consente di accedere alla finestra *Disegno DXF*:

File dit Argenite	C		File clust per generations DVF
301	Sciential Stat.	Agevind	
100010		- 64	
CERRICON		Conard I	
and the second s		Asses	
		645.33	
	-	Emploi	
R d Meson MAN	1	1.000.0	
LAH			
Nine	Coler Dang's	Alter	Calor Roops
SHH,HITERN		10050,1104	
WEAK, IN TEAR 2	9	TESSIO, APR., TAALU	1 12
PERIO, PLUSTRE		78510, PLASTR	1 12
PLATELACONE		10510,50110	
PERMISSIO		NESTO_DOLETTE	1 2
PEAM SCALINE	1 2	745570, 16464	
ARM THELD		310.0 0.012	1 2
THIOL KITHIG CHIEF	1 2	78330,98999	1 4
1000	41 12	ARM DIFFICAL	20
PDS INTELANING	4 6	WHAT DEFINAL	
ADMITURE SE?		TRATIETAL	1. 1.
LINER_SECTION		PERM_SECON	7 10
Colo & dange or spectra Did.			
1.0		Sala reportation	Instation of Solard
Come del dampio		and the second second	77.8

La finestra contiene le seguenti opzioni:

- Percorso
- Elenco dei file .sca presenti nel percorso selezionato: consente di vedere tutte le solette del modello di calcolo di cui è stato generato l'esecutivo
- File dati per generazione dxf: elenco delle solette da riportare nel file dxf
- Comandi per la sezione dei file .sca: consentono di spostare i file .sca tra le due finestre in modo da selezionare gli elementi da riportare nel file dxf
- *Cornice layer*: consente di selezionaare il nome ed il colore dei layer che saranno creati nel file dxf. Consente anche di selezionare quali layer disegnare nel file dxf e quali non riportare
- Cornisce scala di stampa: consente di indicare la scala del disegno
- DXF vers. R12: consente di generare un file dxf compatibile con la versione 12 di Autocad
- Genera file DXF: crea il file dxf con i setti selezionati
- Salva impostazioni: salva le impostazioni per poterle riutilizzare in altri progetti
- Impostazioni di default: ripristina le impostazioni di default di PRO_CAD solette c.a.

Capitolo 19

Generazione degli esecutivi dei plinti in c.a.

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la generazione delle armature e dei disegni dei plinti in c.a..

- Esecutivi di plinti e pali di fondazione
- PRO_CAD Disegno plinti
- Finestra principale di lavoro
- Panoramica dei comandi
- Definizione della geometria
- Assegnazione dei carichi
- Definizione delle armature
- Esecuzione delle verifiche e generazione della relazione di calcolo
- · Generazione degli elaborati

Esecutivi di plinti e pali di fondazione

Gli esecutivi di plinti, pali e plinti su pali possono essere generati con il modulo *PRO_CAD Disegno plinti*. Il programma gestisce le seguenti tipologie di fondazione:



Generazione degli esecutivi di uno o più plinti o pali a partire da un modello di *PRO_SAP* Sono disponibili due diverse procedure:

- 1. utilizzare il comando: Contesto ► Generazione esecutivi ► Esecutivi plinti c.a. È necessario che gli elementi di fondazione siano visibili al momento dell'attivazione del comando di generazione. In questo modo avviene la generazione contemporanea di tutti i plinti ed i pali visibili. I file generati, uno per ogni elemento, vengono salvati nella sotto-cartella disegni della cartella data del modello (la cartella data viene salvata automaticamente dal programma nella stessa posizione dove viene salvato il modello; il nome completo della cartella sarà nomemodello_data). Nel caso di plinti simili, è possibile specificare all'interno del modulo PRO_CAD Disegno plinti che il progetto e le verifiche vengano eseguite sulla base di tutte le sollecitazioni di tutti gli elementi che formano il gruppo e che venga generato un solo esecutivo comune.
- 2. utilizzare la seguente procedura:
 - i. nel contesto di Assegnazione dati di progetto attivare il comando Controlla e fare clic su uno dei nodi a cui è stata assegnata la proprietà di fondazione. In questo modo viene visualizzata la Finestra di controllo generale
 - ii. utilizzare il comando: **Genera esecutivi** ► **Esecutivo fondazione**. In alternativa si può ottenere lo stesso risultato cliccando con il tasto destro nella finestra grafica della *Finestra di controllo generale* e selezionando il comando: *Esecutivo fondazione*
 - iii. automaticamente viene lanciato l'applicativo *PRO_CAD Disegno plinti* e vengono trasmessi i dati dell'elemento selezionato





Con il primo metodo descritto è possibile raggruppare i plinti simili ed eseguire il progetto, le verifiche e generare l'esecutivo per l'intero gruppo; con il secondo metodo si può gestire solamente un singolo plinto.
PRO_CAD Disegno plinti in modalità indipendente

Per progettare o verificare un plinto od un palo di fondazione e generarne l'esecutivo, attivare l'applicativo PRO_CAD Disegno plinti con i seguenti comandi: Start (Avvio) ► Programmi ► PRO_SAP PROfessional SAP ► Moduli PRO_SAP ► PRO_CAD Disegno plinti.

PRO_CAD Disegno plinti

Durante il caricamento viene visualizzata la finestra che riporta i dati di riferimento della versione del programma installato:



Modalità operative di PRO_CAD Plinti

Il programma consente di operare secondo due diverse modalità:

- *Modalità progetto*: consente all'utente di far progettare automaticamente al modulo *PRO_CAD Disegno plinti* le armature degli elementi di fondazione e di farle verificare al programma
- *Modalità verifica*: consente all'utente di inserire manualmente le armature del plinto o del palo e di farle verificare al programma

Finestra principale di lavoro

Quando si avvia *PRO_CAD Plinti*, la finestra di lavoro principale presenta i comandi necessari per la selezione del tipo di elemento da modellare, per la modifica dei dati geometrici e dell'armatura, per l'inserimento delle sollecitazioni e per la generazione degli elaborati.

La finestra di lavoro principale contiene:

- La finestra grafica con la disposizione delle armature
- La barra dei comandi di menù
- Il box con la vista tridimensionale dell'elemento
- La cornice per l'inserimento dei dati geometrici del plinto
- La cornice per l'inserimento delle armature
- La cornice per la selezione dei plinti simili

DIACKARACCI PRESS



Panoramica dei comandi

La barra dei comandi di menù

La barra contiene i seguenti comandi di menù:

File Calcolo Genera file dxf Informazioni su...

File

Il menù File contiene i seguenti controlli:

- Nuovo: avvia un nuovo progetto
- Apri: apre un file precedentemente salvato
- Salva/Salva con nome: salva i dati
- Impostazioni: attiva il menù Impostazioni che permette di modificare opzioni come la colorazione della finestra grafica e degli elementi; modificare i materiali in uso, le condizioni ambientali ed i coefficienti parziali di sicurezza
- *Ultimi file aperti*: contiene l'elenco dei file aperti più recentemente per richiamare più rapidamente i modelli su cui si sta lavorando
- Esci: chiude PRO_CAD Disegno plinti

Calcolo

Il menù File contiene i seguenti controlli:

- Sollecitazioni: apre la finestra che consente di inserire le sollecitazioni alla base del pilastro
- Pressioni sul terreno: consente di accedere alla mappa delle pressioni esercitate dal plinto sul terreno oppure di vedere il diagramma delle sollecitazioni lungo il fusto del palo
- *Progetto armature*: esegue il progetto delle armature dell'elemento di fondazione
- *Verifica armature*: esegue le verifiche delle armature inserite dall'utente o progettate automaticamente dal programma e stampa la relazione di calcolo

Cale	colo
₽	Sollecitazioni
	Pressioni sul terreno
	Progetto armature
	Verifica armature
_	

File

æ

Nuovo

Apri

Salva

Salva con Nome

Impostazioni

Plinto_1.pli

Plinto_1.pli

Plinto_1.pli

Plinto_1.pli

Esci

Genera file dxf

Consente di accedere alla finestra *Disegno DXF* al cui interno è possibile impostare le opzioni di stampa e generare l'esecutivo dell'elemento di fondazione

Informazioni su...

Consente di accedere alla finestra che contiene le informazioni sulla versione installata del modulo *PRO_CAD Disegno plinti*

Comandi rapidi

Sulla barra sono presenti anche i comandi rapidi che hanno le stesse funzioni di quelli contenuti all'interno dei menù.



I comandi hanno le stesse funzioni già descritte nei paragrafi precedenti. Oltre ai comandi contenuti anche nei menù, tra i comandi rapidi sono presenti anche i comandi per la gestione della vista:



- Zoom finestra: permette di aumentare lo zoom su una parte di struttura. La parte di struttura di interesse va selezionata disegnando un rettangolo nella finestra grafica
- Vista precedente: ripristina la vista precedente
- Vista totale: racchiude tutti gli oggetti presenti nella vista rappresentata nella finestra grafica
- Avvicina: permette di aumentare lo zoom. È possibile ottenere lo stesso effetto utilizzando lo scroll del mouse muovendolo verso l'alto
- Allontana: permette di diminuire lo zoom. È possibile ottenere lo stesso effetto utilizzando lo scroll del mouse muovendolo verso il basso
- Pan: permette di traslare la vista tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse e spostando il puntatore

Definizione della geometria degli elementi di fondazione

Nel caso il plinto od il palo siano stati generati a partire da un modello di *PRO_SAP* la geometria viene automaticamente determinata in base ai dati inseriti in *PRO_SAP*. Se si sta utilizzando il modulo *PRO_CAD Disegno plinti* in modalità indipendente è possibile definire le caratteristiche degli elementi di fondazione tramite i comandi che verranno descritti nel seguito.

Plinto a gradoni o plinto su suolo elastico

Per definire la geometria di un plinto sono necessarie le seguenti informazioni che riguardano il plinto:

- Plinto n.: numero del plinto corrente. Se il plinto è generato a partire da un modello di PRO_SAP la numerazione è assegnata automaticamente
- Lato X esterno: lunghezza in direzione X della faccia inferiore del blocco di base
- *Lato* Y *esterno*: lunghezza in direzione Y della faccia inferiore del blocco di base
- Lato X interno: lunghezza in direzione X della faccia superiore del blocco di base
- Lato Y interno: lunghezza in direzione Y della faccia superiore del blocco di base
- *H inferiore*: altezza della parte inferiore del blocco di base
- *H superiore*: altezza della parte superiore del blocco di base
- Offset X: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il centro della base del plinto in direzione X
- Offset Y: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il centro della base del plinto in direzione Y
- Plinto zoppo: consente di modellare un plinto zoppo

Geometria Armatura	Plinti simili
Dati plinto (dimensioni in	cm)
Plinto n.	1000
Lato X esterno	180.00
Lato Y esterno	160.00
Lato X interno	100.00
Lato Y interno	80.00
H inferiore	70.00
H superiore	60.00
Offeset X	0.00
Offeset Y	0.00
Plinto zoppo	
Dati pilastro (dimensioni i	in cm)
LatoX	50.00
Lato Y	30.00
Offset X	0.00
Offset Y	0.00

Sono inoltre necessarie le seguenti informazioni che riguardano il pilastro:

- *Lato X*: lunghezza del pilastro in direzione X
- Lato Y: lunghezza del pilastro in direzione Y
- Offset X: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il baricentro della sezione del pilastro in direzione X
- Offset Y: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il baricentro della sezione del pilastro in direzione Y

Plinto a bicchiere

Per definire la geometria di un plinto a bicchiere sono necessarie le seguenti informazioni che riguardano il plinto:

- *Plinto n.*: numero del plinto corrente. Se il plinto è generato a partire da un modello di *PRO_SAP* la numerazione è assegnata automaticamente
- Lato X: lunghezza in direzione X del blocco di base
- Lato Y: lunghezza in direzione Y del blocco di base
- H soletta: altezza del blocco di base
- Offset X: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il centro della base del plinto in direzione X
- Offset Y: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il centro della base del plinto in direzione Y
- Plinto zoppo: consente di modellare un plinto zoppo

Sono inoltre necessarie le seguenti informazioni che riguardano il bicchiere:

- *Altezza*: altezza del bicchiere a partire dal filo superiore del blocco di base
- Lato X: lunghezza del bicchiere in direzione X
- Lato Y: lunghezza del bicchiere in direzione Y
- Spessore bicchiere: spessore delle pareti del bicchiere

Sono infine necessarie le seguenti informazioni che riguardano il pilastro:

- Lato X: lunghezza del pilastro in direzione X
 - Lato Y: lunghezza del pilastro in direzione Y
 - Offset X: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il baricentro della sezione del pilastro in direzione X
 - Offset Y: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il baricentro della sezione del pilastro in direzione Y

Plinto su palo

Per definire la geometria di un plinto su palo sono necessarie le seguenti informazioni che riguardano il plinto:

- Plinto n.: numero del plinto corrente. Se il plinto è generato a partire da un modello di PRO_SAP la numerazione è assegnata automaticamente
- H soletta: altezza del blocco di base
- Diametro palo: diametro del palo
- Lunghezza palo: lunghezza del palo
- *Dist. dal bordo*: distanza del baricentro del palo dal bordo del blocco di base del plinto
- *Plinto con bicchiere*: attivando l'opzione è possibile modellare un plinto su palo con bicchiere

Sono inoltre necessarie le seguenti informazioni che riguardano il pilastro:

- *Lato X*: lunghezza del pilastro in direzione X
- Lato Y: lunghezza del pilastro in direzione Y
- Offset X: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il baricentro della sezione del pilastro in direzione X
- Offset Y: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il baricentro della sezione del pilastro in direzione Y

Nel caso venga attivata l'opzione *Plinto con bicchiere* è anche necessario definire la geometria del bicchiere. I comandi sono analoghi a quelli illustrati per il plinto a bicchiere.

Geometria Armatura	Plinti simili
Dati plinto (dimensioni in	cm)
Plinto n.	1000
Lato X	220.00
Lato Y	190.00
H soletta	60.00
Offeset X	0.00
Offeset Y	0.00
Plinto zoppo	✓
Dati bicchiere (dimension	iin cm)
Altezza	90.00
Lato X	110.00
Lato Y	110.00
Spessore bicchiere	25.00
Dati pilastro (dimensioni i	n cm)
Lato X	40.00
Lato Y	40.00
Offset X	0.00
Offset Y	0.00

Geometria Armatura	Plinti simili
Dati plinto (dimensioni in	cm)
Plinto n.	1000
H soletta	100.00
Diametro palo	80.00
Lungh. palo	1000.00
Dist dal bordo	60.00
Plinto con bicchiere	
Dati pilastro (dimensioni i	in cm)
Lato X	40.00
Lato Y	40.00
Offset X	0.00
Offset Y	0.00

Plinto su due o più pali

Per definire la geometria di un plinto su due pali, di un plinto su tre pali, di un plinto su quattro pali, di un plinto su cinque pali, di un plinto pentagonale su cinque pali oppure di un plinto su sei pali sono necessarie le seguenti informazioni che riguardano il plinto:

- *Plinto n.*: numero del plinto corrente. Se il plinto è generato a partire da un modello di *PRO_SAP* la numerazione è assegnata automaticamente
- *H soletta*: altezza del blocco di base
- Diametro palo: diametro del palo
- Lunghezza palo: lunghezza del palo
- *Dist. dal bordo*: distanza del baricentro del palo dal bordo del blocco di base del plinto
- Interasse pali: distanza tra i baricentri dei due pali
- Plinto con bicchiere: attivando l'opzione è possibile modellare un plinto su palo con bicchiere
- Sono inoltre necessarie le seguenti informazioni che riguardano il pilastro:
 - *Lato X*: lunghezza del pilastro in direzione X
 - Lato Y: lunghezza del pilastro in direzione Y
 - Offset X: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il baricentro della sezione del pilastro in direzione X
 - Offset Y: distanza tra il centro della faccia superiore del plinto ed il baricentro della sezione del pilastro in direzione Y

Nel caso venga attivata l'opzione *Plinto con bicchiere* è anche necessario definire la geometria del bicchiere. I comandi sono analoghi a quelli illustrati per il plinto a bicchiere.

Palo singolo

Per definire la geometria di un palo singolo sono necessarie le seguenti informazioni:

- Plinto n.: numero del palo corrente. Se il palo è generato a partire da un modello di PRO_SAP la numerazione è assegnata automaticamente
- Diametro palo: diametro del palo
- Lunghezza palo: lunghezza del palo

Assegnazione dei carichi

Il modulo *PRO_CAD Disegno plinti* permette di eseguire la progettazione e le verifiche di elementi generati a partire da un modello di *PRO_SAP* ma può anche lavorare in modalità indipendente.

Nel primo caso i carichi agenti sugli elementi di fondazione sono automaticamente trasmessi al modulo plinti da *PRO_SAP*; viceversa, se si sta usando il modulo in modalità indipendente, i carichi agenti alla base del pilastro devono essere definiti manualmente dall'utente oppure importati da un file esterno con i comandi messi a disposizione dal programma.

Per accedere alla finestra che consente la definizione delle sollecitazioni alla base del pilastro è necessario utilizzare il comando *Sollecitazioni* che è disponibile nel menù *Calcolo* oppure nella barra dei comandi rapidi.

Geometria	Armatura	Plinti :	simili
Dati plinto	dimensioni in	cm)	
Plinto n.		1000	
Diametro palo		80.00	
Lungh, palo		1000.00	

	Geometria	Armatura		Plinti simili				
=	Dati plinto (dimensioni in cm)							
	Plinto n.		10	00				
	H soletta		70.	.00				
	Diametro palo		80.	.00				
	Lungh. palo		10	00.00				
	Dist dal bordo		60.00 200.00					
	Interasse pali							
	Plinto con biccl	niere						
٦	Dati pilastro	(dimensioni i	n c	m)				
	Lato X		40.	00				
	Lato Y		40.	00				
	Offset X		0.0	10				
	Offset Y		0.0	10				

	Sollecitazioni alla base del pilastro ×					
E	Plinto: 1000, Cmb n.1 -	SLU A1				
	Plinto n.	1000	Plinto n. 1000			
	Combinazione n.	1	- Dati puova combinazione			
	Tipo:	SLU A1				
	Comb. sismica		Plinto n. 1000			
	Gamma G1 p.p.plinto	1.40	Comb n 102			
	Vx daN	-3885.60				
	Vy daN	-2298.11	Nuova combinazione			
	N daN (compr.=negativo)	-121700.00				
	Mx daN cm	1384000.00	Aggiungi copia			
	My daN cm	2226000.00				
	T daN cm	-180300.00	Importa combinazioni			
	Operazioni:					
E	Plinto: 1000, Cmb n.2 -	SLU A1				
	Plinto n.	1000	Considera sismiche tutte le			
	Combinazione n.	2				
	Tipo:	SLU A1	Considera non sismiche			
	Comb. sismica		tutte le Cmb. SLU			
	Gamma G1 p.p.plinto	1.40				
	Vx daN	-3885.60				
	Vy daN	-2298.11	Mostra elenco espanso			
	N daN (compr.=negativo)	-116800.00				
	Mx daN cm	1384000.00				
	My daN cm	2226000.00				
	T daN cm	-180300.00				
	Operazioni:					
E	Plinto: 1000, Cmb n.3 -	SLU A1				
	Plinto n.	1000				
	Combinazione n.	3	Fatters di strutture			
	Tipo:	SLU A1				
	Comb. sismica		q 1.00			
	Gamma G1 p.p.plinto	1.40				
	Vx daN	-3269.20	Cancella tutte le combinazioni			
	Vy daN	271.07				
	N daN (compr.=negativo)	-121700.00	0kAnnulla			
	Mu dall on	157000.00	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			

La finestra Sollecitazioni alla base del pilastro contiene i seguenti comandi:

- *Menù a tendina plinto*: consente di selezionare l'elemento di fondazione per cui visualizzare i carichi scegliendolo tra quelli evidenziati nell'elenco dei plinti simili
- Nuova combinazione: aggiunge una nuova combinazione di calcolo all'elenco
- Aggiungi copia: aggiunge all'elenco una copia della combinazione di calcolo corrente
- Importa combinazioni: importa i dati delle sollecitazioni da un file in formato .azn (si veda il paragrafo Importare le azioni da un file di testo)
- *Plinto n.*: consente di specificare il numero del plinto o del palo per cui aggiungere una nuova combinazione
- Comb. n.: specifica il numero della nuova combinazione da inserire
- *Mostra elenco espanso*: apre o chiude le cartelle che contengono i dati delle combinazioni per visualizzare o nascondere i dati di carico
- Cancella tutte le combinazioni: elimina dall'elenco tutte le combinazioni di calcolo definite
- Ok: conferma le modifiche e chiude la finestra Sollecitazioni alla base del pilastro
- Annulla: annulla le modifiche e chiude la finestra Sollecitazioni alla base del pilastro

I seguenti comandi consentono di individuare le combinazioni sismiche ed indicare al programma se amplificare le sollecitazioni per il coefficiente di sovraresistenza γRd nelle verifiche di resistenza degli elementi di fondazione:

- Considera sismiche tutte le Cmb. SLU: indica come sismiche tutte le combinazioni allo stato limite ultimo presenti
- Considera non sismiche tutte le Cmb. SLU: indica come non sismiche tutte le combinazioni allo stato limite ultimo presenti



• Fattore di struttura: specifica il fattore di struttura utilizzato per il calcolo della sovrastruttura

Se q > 1, nelle verifiche agli S.L.U. le sollecitazioni delle combinazioni indicate come sismiche saranno amplificate per γRd; se q = 1 non ci sarà amplificazione. Le combinazioni indicate come non sismiche non subiranno incrementi indipendentemente dal valore di q.

Ogni cartella dell'elenco presente nella finestra *Sollecitazioni alla base del pilastro* contiene le seguenti informazioni:

- *Plinto n.*: numero del plinto a cui sono assegnate le sollecitazioni
- *Combinazione n.*: numero della combinazione di calcolo

- *Tipo*: tipologia della combinazione di calcolo
- Comb.sismica: consente di specificare se la combinazione è sismica o meno. In base a questa scelta il programma amplificherà o meno le sollecitazioni per il coefficiente di sovraresistenza
- Gamma G1 p.p. plinto: coefficiente parziale di sicurezza per il peso proprio dell'elemento di fondazione
- Operazioni: cliccando sul comando operazioni compaiono i comandi Copia e Cancella che consentono rispettivamente di generare una copia della combinazione di calcolo corrente e di eliminare la combinazione di calcolo corrente

Importare le azioni da file di testo

È possibile importare le combinazioni per eseguire le verifiche da un file esterno in formato .azn. È possibile ottenere un file .azn con le sollecitazioni direttamente da PRO_SAP: nel contesto di assegnazione dati di progetto bisogna accedere alla finestra di controllo generale con il comando Controlla. Quindi si deve utilizzare il comando Genera esecutivi > Esporta azioni; apparirà una finestra di dialogo che indica il percorso in cui è stato salvato il file .azn.

Se non si ha a disposizione un modello di PRO_SAP è possibile generare un file .azn con un qualunque editor di testo (per esempio il Blocco note di Microsoft Windows).

Il file deve essere composto nel seguente modo:

- La prima colonna contiene il numero della combinazione di carico.
- La seconda colonna contiene un codice che individua il tipo di combinazione: •
 - 0. Tensioni ammissibili
 - 1. Stati Limite Ultimi
 - 2. Stati Limite di Esercizio per combinazioni rare
 - 3. Stati Limite di Esercizio per combinazioni freguenti
 - 4. Stati Limite di Esercizio per combinazioni guasi permanenti
 - 5. Stati Limite Ultimi per azioni accidentali
 - 6. Combinazioni sismiche SLD ed SLO
 - 7. Pushover
 - 8. SLU terreno A1
 - 9. SLU terreno A2
 - 10. SLU terreno G
- La terza colonna contiene N
- La *quarta colonna* contiene V2
- La *quinta colonna* contiene V3
- La sesta colonna contiene T
- La settima colonna contiene M2
- L'ottava colonna contiene M3

P2674	a bian	ii - Diici	cco note						-	· · · ·
File Mad	difica Fo	rmato	Visualizza ?							
										-
1	1	-2	.086e+04	-1670.01	-1402.38	-1782.82	4.174e+05	6.787e+05		
2	1	1 -2	.158e+84	-1790.69	-1432.01	-1993.46	4.268e+05	7.844e+85		
3	1	1 -2	.229e+84	-1683.43	-1448.55	-2186.85	4.344e+05	7.253e+85		
4	1	L -2	.300e+04	-1804.10	-1470.18	-2397.49	4.438e+05	7.510e+05		
5	1	1 -1	.588e+84	-1283.04	-1074.26	-1323.75	3.191e+05	5.166e+05		
6	1	1 -1	.660e+84	-1403.72	-1103.88	-1534.39	3.285e+05	5.423e+85		
7	1	1 -1	.730e+04	-1296.46	-1112.42	-1727.77	3.361e+05	5.632e+05		
8	1	1	.802e+04	-1417.13	-1142.05	-1938.42	3.454e+05	5.888e+05		
9	1	-2	.230e+84	-1911.36	-1461.64	-2204.11	4.362e+05	7.301e+85		
10	1	1 -2	.186e+84	-1679.40	-1429.10	-2065.64	4.293e+05	7.113e+85		
11	1	-2	.329e+84	-1920.75	-1488.35	-2486.93	4.481e+05	7.627e+05		
12	3	-1	.732e+04	-1524.39	-1133.51	-1745.03	3.378e+05	5.679e+05		
13	1	1	.688e+84	-1292.43	-1100.97	-1606.57	3.310e+05	5.492e+85		
14	1	-1	.831e+84	-1533.78	-1160.23	-2027.85	3.497e+05	6.805e+85		

Controllo dei carichi assegnati agli elementi di fondazione

Dopo aver definito manualmente le sollecitazioni alla base del pilastro, o dopo averle importate da un file esterno, è possibile passare al controllo delle sollecitazioni. Il controllo può avvenire attivando il comando *Pressioni sul terreno* disponibile nel menù *Calcolo* oppure nella barra dei comandi rapidi.

Plinti

Per i plinti di fondazione il comando *Pressioni sul terreno* consente di accedere alla finestra *Mappa pressioni sul terreno*. Questa finestra riporta per tutti i plinti che fanno parte del gruppo, per tutte le combinazioni di calcolo considerate, le pressioni esercitate dal plinto sul terreno. Vengono anche indicate le pressioni nei quattro vertici del plinto, se la base del plinto è interamente compressa o se la sezione è parzializzata ed è inoltre possibile visualizzare le pressioni massime date dalla combinazione di calcolo più gravosa.



Pali

Per i pali di fondazione il comando *Pressioni sul terreno* consente di accedere alla finestra *Inviluppo delle massime sollecitazioni nei pali*. Questa finestra riporta il diagramma di sforzo normale, taglio e momento flettente a partire dalla testa del palo fino alla punta per tutti i pali del gruppo. Per ogni sezione del palo viene riportato il valore massimo della sollecitazione, indipendentemente dalla combinazione in cui si verifica; la mappa è quindi l'inviluppo delle sollecitazioni agenti sul palo.



Definizione delle armature

Il modulo *PRO_CAD Disegno plinti* consente di procedere in due modalità per l'assegnazione delle armature agli elementi di fondazione: è possibile specificarle manualmente da utente oppure è possibile far eseguire un dimensionamento automatico al programma.

Prima di definire le armature con uno dei due metodi messi a disposizione dal programma, se il plinto è stato generato a partire da un modello di *PRO_SAP*, è possibile selezionare i plinti simili per eseguire una progettazione valida per tutto il gruppo di elementi di fondazione. Due plinti sono simili se hanno le seguenti proprietà:

- stessa tipologia di plinto
- stessa geometria
- stesso pilastro

• stessa rotazione sia del plinto che del pilastro

È necessario attivare la cornice *Plinti simili* e selezionare tutti i plinti del gruppo che si desidera progettare:

Geometria	Armatura	Plinti simili
Seleziona tutti	Deseleziona tutti	Aggiorna
🗌 Plinto_1.pli		^
🗌 Plinto_100.pli		
🗌 Plinto_11.pli		
🗌 Plinto_125.pli		
🗌 Plinto_126.pli		
🗌 Plinto_129.pli		
🗌 Plinto_13.pli		
🗌 Plinto_131.pli		
🗌 Plinto_133.pli		
🗌 Plinto_135.pli		
🗌 Plinto_139.pli		
🔲 Plinto_141.pli		

Il comando Seleziona tutti consente di selezionare automaticamente tutti i plinti del gruppo; Deseleziona tutti deseleziona tutti gli elementi selezionati ed il comando Aggiorna rilegge il contenuto della cartella disegni per aggiornare la lista dei plinti simili.

Definizione manuale delle armature

Plinto a gradoni e plinto su suolo elastico

La definizione delle armature di un plinto richiede le seguenti informazioni per le armature superiori ed inferiori del blocco di base:

- Copriferro: copriferro del blocco di base
- *Diametro ferri dir.X*: diametro delle armature disposte lungo la direzione X
- *Passo ferri dir.X*: passo delle armature disposte in direzione X
- *Diametro ferri dir.Y*: diametro delle armature disposte lungo la direzione Y
- *Passo ferri dir.Y*: passo delle armature disposte in direzione Y
- Passo uniforme su tutto il plinto: consente di specificare se utilizzare lo stesso passo delle armature su tutta la superficie del blocco di base oppure se utilizzare un passo diverso per le fasce laterali
- *Piega per tutta l'altezza*: consente di specificare se piegare i ferri superiori del blocco di base per tutta l'altezza del blocco di base oppure solamente per una certa lunghezza indicata dall'utente

Nel caso del plinto a gradoni sono necessarie anche le seguenti informazioni per quanto riguarda l'armatura del dado:

- Diametro: diametro dei ferri superiori del dado
- Passo: passo dei ferri superiori del dado
- Diametro staffe orizzontali: diametro delle staffe orizzontali parallele alle pareti del dado
- Passo staffe orizzontali: passo delle staffe orizzontali parallele alle pareti del dado

Nel caso fosse necessario definire un'armatura per punzonamento bisogna definire i seguenti parametri:

Amatura						
Armatura						
Copriferro (cm)	5.0					
Armatura inferiore						
Diametro ferri dir. X	16					
Passo ferri dir. X	20					
Diametro ferri dir. Y	16					
Passo ferri dir. Y	20					
Passo uniforme su tutto il plinto						
Armatura superiore						
Diametro ferri dir. X	16					
Passo ferri dir. X	30					
Diametro ferri dir. Y	16					
Passo ferri dir. Y	30					
Armatura dado superiore						
Diametro	14					
Passo	20.0					
Diametro staffe orizzontali	10					
Passo staffe orizzontali	24.0					
Armatura punzonamento						
Numero ferri dir. X	0					
Diametro dir. X	16					
Numero ferri dir. Y	0					
Diametro dir. Y	16					
Piegatura ferri superiori						
Piega per tutta l'altezza						
	Armatura Copriferro (cm) Armatura inferiore Diametro ferri dir. X Passo ferri dir. X Passo ferri dir. Y Passo uniforme su tutto il plinto Armatura superiore Diametro ferri dir. X Passo ferri dir. X Passo ferri dir. Y Passo ferri dir. Y Passo ferri dir. Y Armatura dado superiore Diametro Passo Diametro staffe orizzontali Passo staffe orizzontali Armatura punzonamento Numero ferri dir. X Diametro dir. X Numero ferri dir. Y Diametro dir. X Numero ferri dir. Y Diametro dir. X					

De la Compañía de Decisión

- Numero ferri dir.X: numero dei ferri per punzonamento lungo la direzione X
- Diametro dir.X: diametro dei ferri per punzonamento lungo la direzione X
- Numero ferri dir. Y: numero dei ferri per punzonamento lungo la direzione Y
- Diametro dir. Y: diametro dei ferri per punzonamento lungo la direzione Y

Plinto a bicchiere

La definizione delle armature di un plinto a bicchiere richiede le seguenti informazioni per le armature superiori ed inferiori del blocco di base:

- Copriferro: copriferro del blocco di base
- *Diametro ferri dir.X*: diametro delle armature disposte lungo la direzione X
- *Passo ferri dir.X*: passo delle armature disposte in direzione X
- *Diametro ferri dir.* Y: diametro delle armature disposte lungo la direzione Y
- *Passo ferri dir.Y*: passo delle armature disposte in direzione Y
- Passo uniforme su tutto il plinto: consente di specificare se utilizzare lo stesso passo delle armature su tutta la superficie del blocco di base oppure se utilizzare un passo diverso per le fasce laterali
- *Piega per tutta l'altezza*: consente di specificare se piegare i ferri superiori del blocco di base per tutta l'altezza del blocco di base oppure solamente per una certa lunghezza indicata dall'utente

Sono inoltre necessarie le seguenti informazioni per quanto riguarda l'armatura del bicchiere:

- Copriferro: copriferro del bicchiere
- Staffe verticali Diametro: diametro delle staffe verticali del bicchiere
- Staffe verticali Numero per lato: numero di staffe disposte su ogni lato del bicchiere
- Staffe verticali Diam. staffe verticali spigoli: diametro delle staffe poste negli spigoli del bicchiere
- Staffe orizzontali distribuite Diametro: diametro delle staffe orizzontali disposte sulle pareti del bicchiere
- Staffe orizzontali distribuite Numero strati: numero di staffe orizzontali disposte sulle pareti del bicchiere

Nel caso fosse necessario definire un'armatura per punzonamento bisogna definire i seguenti parametri:

- *Numero ferri dir.X*: numero dei ferri per punzonamento lungo la direzione X
- *Diametro dir.X*: diametro dei ferri per punzonamento lungo la direzione X
- *Numero ferri dir*.Y: numero dei ferri per punzonamento lungo la direzione Y
- *Diametro dir.Y*: diametro dei ferri per punzonamento lungo la direzione Y

Plinto su palo

La definizione delle armature di un plinto su palo richiede le seguenti informazioni per le armature superiori ed inferiori del blocco di base:

- Copriferro: copriferro del blocco di base
- *Diametro ferri dir.X*: diametro delle armature disposte lungo la direzione X
- *Passo ferri dir.X*: passo delle armature disposte in direzione X
- *Diametro ferri dir*. Y: diametro delle armature disposte lungo la direzione Y

	Gε	eon	netria	ľ	Armatura		Plinti simili
E	A	m;	atura				
	Co	nori	ferro (cm	1		50	1
	٥.	in a	atura inl	, ferior	-	0.0	,
	Diametro ferri dir X					16	
	Passo ferri dir X				20		
	Diametro forri dir. X			16			
	D:	am 	o ferri dir			20	
	D e	300'	o rent un. o uniform	. I Ver en tr	utto il plinto	20	
	A.	133	o uniionni atura eu	ie su t ineric	utto il piirito		
	Di		atura su atra farri	ipenu a⊌ ∨	ле	10	
	D.		e torri dir			20	
	E C	333	o rem uir. otro forri	a v		10	
	D.		e torri dir			20	
	A a	100	oten di. stura bi	oohia		30	
	AI Ca		forra (om) J	91C	20	1
		ppii C I	reno (cm) ational		3.0	,
		Di Di		raca		10	
		DI M	ametro	e =+-		12	
		INU DC	umero pe	ir iato		3	
			am. staff	e verti	ootolii ootolii	110	<i></i>
			Diame	onzz	ontail sup		
			Diametri	0 [.]		16	
			Numero	strati		2	
			E Staf	te or	izzontali d	Istri	buite
			Diam	ietro		16	
_			Num	ero str	ati	3	
Ξ	A	ſMā	atura pu	Inzor	namento		
	Nu	lme	ero terri d	lır. X		U	
	Di	am	etro dir. >	<		16	
	Nu	lme	ero terri d	lir. Y		0	
	Di	am	etro dir. `	(-		16	
	Ge	en m			Armatura		
			ietria		Annatura		Plinti simili
	Ar	ma	atura	1	Annatura		Plinti simili
	A r Co	ma pril	ietria Istura ferro (cm)]	Annatura	5.0	Plinti simili
	Ar Co Ar	ma pril ma	atura ferro (cm) atura inf) ferior	e	5.0	Plinti simili
	Ar Co Ar Dia	ma pril ma	atura ferro (cm) atura inf etro ferri (]) f erior dir. X	e	5.0	Plinti simili
	Ar Co Ar Dia Pa	ma opril ma ami	a tura ferro (cm) a tura inf etro ferri (o ferri dir.) f erior dir. X X	e	5.0 14 20	Plinti simili
	Ar Co Ar Dia Pa	ma opril ma ami asso ami	a tura ferro (cm) a tura inf etro ferri o o ferri dir. etro ferri dir.) f erior dir. X X dir. Y	e	5.0 14 20 14	Plinti simili
	Ar Co Ar Dia Dia Dia Dia	ma opril ma amo osso amo	ietria ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. etro ferri di o ferri dir] ferior dir. X X dir. Y Y	e	5.0 14 20 14 20	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa	ma opril ma ami asso asso ami	atura ferro (cm) atura inf etro ferri dir. etro ferri dir. o ferri dir. o ferri dir.) ferior dir. X X dir. Y Y	e	5.0 14 20 14 20	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Ar	ma opril ma amo asso amo asso ma	atura ferro (cm) atura inf etro ferri dir. etro ferri dir. etro ferri dir. atura su etro ferri dir.) ferior dir. X dir. Y yperio dir. X	e	5.0 14 20 14 20	
	Ar Co Ar Dia Dia Pa Ar Dia Pa	ma opril ma ami ami ami ami ami	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. etro ferri dir. atura su etro ferri dir.) ferior dir. X dir. Y dir. Y perio dir. X	e	5.0 14 20 14 20 14 20	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Ar Dia Pa Dia	ma opril ma amo osso amo osso amo osso amo	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. etro ferri di atura su etro ferri di o ferri dir.) ferior dir. X dir. Y dir. Y dir. X dir. X	e	5.0 14 20 14 20 14 20 14	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Ar Dia Pa Dia Pa		atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. o ferri dir. atura su etro ferri dir. o ferri dir. o ferri dir.) ferior dir. X X dir. Y Y perio dir. X X dir. Y Y	e	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20	
	Ar Co Ar Dia Dia Pa Dia Dia Dia Pa Dia		atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura su etro ferri dir. o ferri dir.) ferior dir. X X dir. Y Y perio dir. X dir. Y Y	e	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20	
	Ar Co Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Pa Ar Dia Dia	ma opril ma amo asso amo asso amo asso amo asso amo amo amo amo amo amo amo amo amo am	atura ferro (cm) atura inf etro ferri dir. o ferri dir. atura su atura su o ferri dir. o ferri dir. o ferri dir. o ferri dir. atura pa) ferior dir. X dir. Y Y perio dir. X dir. Y Y Ji	e	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20	
	Ar Co Ar Dia Pa Ar Dia Pa Dia Pa Ar Dia No	ma opril ma amu asso amu asso amu asso amu amu amu	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro) ferior dir. X X Pperio dir. Y Y dir. Y Y J	e	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Dia Pa Ar Dia Nu Nu	ma opril ma ami asso ami asso ami asso ami asso ami ami ami ami ami	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro ero minim) ferior dir. X X perio dir. Y Y dir. Y y ali		5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Dia Nu Lu	ma opril ma amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso amo amo amo amo amo amo amo amo amo am	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro etro minim hezza ma) ferior dir. X X dir. Y Perio dir. Y Y J I I I	e rre a dei ferri	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10 100 0	
	Ar Co Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Dia Dia Dia Nu Dia Nu Dia Nu	ma opril ma amu amu amu amu amu amu amu amu amu	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro ero minim hezza ma etro arm.) ferior dir. X X dir. Y Perio dir. Y Y ali o assima aggiu	e rre a dei ferri ntiva	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10 100 0 4	
	Ar Co Diá Pa Diá Pa Diá Pa Diá Diá Nu Lu Diá Nu		atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro ero minim hezza ma etro arm. ero aggiu) ferior dir. X X perio dir. Y Y perio dir. X X J i i o aggiu ntivi ntivi	e rre a dei ferri ntiva	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 10 100 0 4 0	
	Ar Co Ar Dia Pa Ar Dia Pa Dia Pa Dia Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia	ma ppril ma amu asso amu asso amu amu amu amu amu amu amu	atura atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro etro etro etro aggiu hezza ma etro aggiu hezza fari) ferior dir. X X P perio dir. Y Y dir. Y dir. Y J i i o aggiu ntivi i gjuntir	e rre a dei ferri ntiva	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10 100 0 4 0 0 4 0 0	
	Ar Co Ar Dia Pa Ar Dia Pa Dia Pa Dia Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia	ma opril ma amu asso amu asso amu asso amu amu amu amu amu amu	atura atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura pa etro arm. etro arm. etro argiu hezza ag etro ferri si a facia di facia etro ferri si atura pa etro arm.) ferior dir. X X dir. Y Y dir. Y dir. Y dir. Y J dir. Y asssima aggiu ntivi ntivi spirale	e rre a dei ferri ntiva vi	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10 0 0 4 0 0 8 20	
	Ar Co Ar Diá Pa Diá Pa Diá Pa Diá Diá Nu Lu Diá Nu Lu Diá	ma opril ma ami asso ami asso ami ami ami ami ami ami ami ami ami ami	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro etro arm. etro arm. etro arm. etro argiu hezza ag etro ferri spi o ferri spi) ferior dir. X X dir. Y Y dir. Y Ali o asssima aggiu ntivi igjunti- spirale rale	e rre a dei ferri ntiva vi	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 10 100 0 4 0 8 20 5	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Di	ma opril amo asso amo asso amo amo amo amo amo amo amo amo amo am	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura pa etro ferri dir. atura pa etro arm. hezza ma etro arm. hezza ag etro ferri spi ferro) ferior dir. X X dir. Y Y perio dir. Y X dir. Y dir. Y dir. Y asssima aggiu ntivi ntivi ngjunti- spirale rale	e rre a dei ferri ntiva vi	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10 100 0 4 0 8 20 5	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Ar Dia Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu	ma opril ma amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso amo asso ass	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura pa etro ero minim hezza ma etro arm. ero aggiu hezza ag etro ferri spi ferro atura pu) ferior dir. X X dir. Y Y dir. Y A dir. Y J dir. Y A dir. Y Spirale rale	e re dei ferri ntiva vi s amento	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10 100 0 4 0 8 20 5	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Dia Nu Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia	ma opril ma amo asso ass	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro ero minim hezza ma etro arm. etro arm. etro arm. etro arm. etro ferri spi ferro atura pu ero ferri di) ferior dir. X dir. Y Y period dir. Y X dir. Y dir. Y dir. Y asssima aggiu ntivi igjunti- spirale rale inzon	e re a dei ferri ntiva vi e mamento	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 10 0 0 4 0 8 20 5 0 0	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Di	ma opril ma amo asso amo asso amo amo amo amo amo amo amo amo amo am	atura ferro (cm) atura inf etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura su etro ferri di o ferri dir. atura pa etro ero minim hezza ma etro arm. ero aggiu hezza ag etro ferri spi ferro atura pu ero ferri di etro ferri di etro ferri spi ferro) ferior dir. X dir. Y Y period dir. Y Y dir. Y Ali o asssima aggiu ntivi igjunti rol spirale rale	e re dei ferri ntiva vi e amento	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 10 10 0 4 0 5 0 0 16	
	Ar Co Ar Diá Pa Diá Pa Diá Pa Diá Pa Diá Nu Lu Diá Nu Lu Diá Nu Lu Diá Nu Lu Diá Nu Lu Diá Nu Lu Diá Nu Lu Diá Nu Nu Lu Diá Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu Nu	ma opril ma amo asso amo asso amo asso amo amo amo amo amo amo amo amo amo am	atura ferro (cm) atura inf etro ferri dir. o ferri dir. etro ferri dir. o ferri dir. atura su etro ferri dir. o ferri dir. o ferri dir. o ferri dir. atura pa etro ero minim hezza ma etro arm. ero aggiu hezza ag etro ferri spi ferro atura pu ero ferri di etro dir. > ero ferri di	J ferior dir. X Y period dir. Y Y dir. Y dir. Y dir. Y dir. Y asssima aggiu ntivi igjunti spirale rale inzon ir. X K	e re dei ferri ntiva vi e amento	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 10 0 4 0 0 4 0 0 5 0 0 16 0 0 16 0 0	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Lu Dia Nu Dia Nu Lu Dia Nu Dia Nu Dia Nu Lu Dia Nu Dia Dia Nu Nu Dia Dia Nu Dia Dia Nu Dia Nu Dia Nu Dia Nu Dia Nu Dia Dia Nu Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia	ma opril ma ami asso ami asso ami asso ami ami ami ami ami ami ami ami ami ami	atura ferro (cm) atura inf etro ferri dir. o ferri dir. etro ferri dir. atura su etro ferri dir. o ferri dir. o ferri dir. o ferri dir. atura pa etro ero minim hezza ma etro arm. ero aggiu hezza ag etro ferri spi ferro atura pu ero ferri di etro dir. > aro ferri di etro dir. >) ferior dir. X Y perio dir. Y Y dir. Y dir. Y dir. Y dir. Y ir. X K ir. Y	e re dei ferri ntiva vi e amento	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10 0 4 0 0 4 0 0 4 0 0 5 0 16 0 16 0 16 0 16	
	Ar Co Ar Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Pa Dia Dia Nu Dia Nu Dia Nu Dia Nu Dia Nu Dia Pa Ar Dia Dia Pa Ar Dia Dia Pa Ar Dia Dia Pa Ar Dia Dia Pa Ar Dia Dia Pa Ar Dia Dia Pa Ar Dia Dia Pa Ar Dia Dia Pa Ar Dia Ar Dia Dia Ar Dia Ar Dia Ar Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia Dia	ma ami asso asso ami asso a ami asso a ami asso a ami asso a ami asso asso asso asso asso asso asso ass	atura ferro (cm) atura inf etro ferri dir. etro ferri dir. etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura su etro ferri dir. atura pa etro ero minim hezza ma etro arm. ero aggiu hezza ag etro ferri spi ferro atura pu ero ferri di etro dir. > aro ferri di etro dir. > atura fe) ferior dir. X Y period dir. Y Y dir. Y dir. Y dir. Y dir. Y ir. X K ir. Y Y	e re a dei ferri ntiva vi e amento	5.0 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 14 20 16 10 0 4 0 0 4 0 0 5 0 16 0 16 0 16	

- Passo ferri dir. Y: passo delle armature disposte in direzione Y
- *Passo uniforme su tutto il plinto*: consente di specificare se utilizzare lo stesso passo delle armature su tutta la superficie del blocco di base oppure se utilizzare un passo diverso per le fasce laterali

• *Piega per tutta l'altezza*: consente di specificare se piegare i ferri superiori del blocco di base per tutta l'altezza del blocco di base oppure solamente per una certa lunghezza indicata dall'utente Sono inoltre necessarie le seguenti informazioni per quanto riguarda l'armatura del palo:

Diametro: diametro dei ferri longitudinali del palo

- Numero minimo: numero di ferri longitudinali
- Lunghezza massima dei ferri: massima lunghezza dei ferri longitudinali
- Diametro armatura aggiuntiva: diametro dei ferri longitudinali aggiuntivi
- Numero aggiuntivi: numero di ferri longitudinali aggiuntivi da inserire
- Lunghezza aggiuntivi: lunghezza massima dei ferri aggiuntivi
- Diametro ferri spirale: diametro delle staffe a spirale del palo
- Passo ferri spirale: distanza tra due spire delle staffe
- Copriferro: copriferro del palo

Nel caso si stia modellando un plinto con bicchiere i comandi per la definizione delle armature del bicchiere sono analoghi a quelli visti per il plinto a bicchiere. Nel caso fosse necessario definire un'armatura per punzonamento i comandi sono analoghi a quelli descritti per il plinto a gradoni e per il plinto a bicchiere.

Plinto su due pali

La definizione delle armature di un plinto su due pali richiede le seguenti informazioni per le armature del blocco di base:

- Copriferro: copriferro del blocco di base
- Piega per tutta l'altezza: consente di specificare se piegare i ferri superiori del blocco di base per tutta l'altezza del blocco di base oppure solamente per una certa lunghezza indicata dall'utente

Inoltre sono necessarie le seguenti informazioni per quanto riguarda l'armatura di collegamento tra i pali:

- Diametro: diametro dei ferri longitudinali del palo
- Num. ferri sup. per fascia: numero di ferri nella parte superiore della fascia di collegamento tra i pali
- Num. ferri inf. per fascia: numero di ferri nella parte inferiore della fascia di collegamento tra i pali
- Diametro staffe: diametro delle staffe della fascia
- Passo staffe: passo delle staffe della fascia

Sono infine necessarie le seguenti informazioni per quanto riguarda l'armatura dei singoli pali:

- Diametro: diametro dei ferri longitudinali del palo
- Numero minimo: numero di ferri longitudinali
- Lunghezza massima dei ferri: massima lunghezza dei ferri longitudinali
- Diametro armatura aggiuntiva: diametro dei ferri longitudinali aggiuntivi
- *Numero aggiuntivi*: numero di ferri longitudinali aggiuntivi da inserire
- Lunghezza aggiuntivi: lunghezza massima dei ferri aggiuntivi
- *Diametro ferri spirale*: diametro delle staffe a spirale del palo
- Passo ferri spirale: distanza tra due spire delle staffe
- Copriferro: copriferro del palo

Nel caso si stia modellando un plinto con bicchiere i comandi per la definizione delle armature del bicchiere sono analoghi a quelli visti per il plinto a bicchiere. Nel caso fosse necessario definire un'armatura per punzonamento i comandi sono analoghi a quelli descritti per il plinto a gradoni e per il plinto a bicchiere.

Plinto su tre o più pali

	Geometria Armatura	Plinti simili
F	Armatura	,
	Copriferro (cm)	5.0
⊡	Armatura di collegamento r	pali
_	Diametro .	16
	Num, ferri sup, per fascia	4
	Num, ferri inf, per fascia	4
	Num, ferri sup, zona pilastro	3
	Num, ferri inf. zona pilastro	3
	Diametro staffe	10
	Numero staffe per tratto	4
⊡	Armatura pali	
	Diametro	16
	Numero minimo	10
	Lunghezza massima dei ferri	1000
	Diametro arm. aggiuntiva	18
	Numero aggiuntivi	4
	Lunghezza aggiuntivi	0
	Diametro ferri spirale	8
	Passo ferri spirale	20
	Copriferro	5

	Geometria Armatura	Plinti simili
⊡	Armatura	
	Copriferro (cm)	5.0
	Armatura di collegamento	pali
	Diametro	16
	Num, ferri sup, per fascia	4
	Num, ferri inf, per fascia	4
	Diametro staffe	10
	Passo staffe (cm)	25
⊡	Armatura pali	
	Diametro	16
	Numero minimo	10
	Lunghezza massima dei ferri	1000
	Diametro arm. aggiuntiva	18
	Numero aggiuntivi	4
	Lunghezza aggiuntivi	0
	Diametro ferri spirale	8
	Passo ferri spirale	20
	Copriferro	5
	Armatura punzonamento	
	Numero ferri dir. X	0
	Diametro dir. X	16
	Piegatura ferri superiori	
	Piega per tutta l'altezza	

La definizione delle armature di un plinto su tre pali, di un plinto su quattro pali, di un plinto su cinque pali, di un plinto pentagonale su cinque pali o di un plinto su sei pali richiede le seguenti informazioni per le armature del blocco di base:

- Copriferro: copriferro del blocco di base
- *Piega per tutta l'altezza*: consente di specificare se piegare i ferri superiori del blocco di base per tutta l'altezza del blocco di base oppure solamente per una certa lunghezza indicata dall'utente

Inoltre sono necessarie le seguenti informazioni per quanto riguarda l'armatura di collegamento tra i pali:

- Diametro: diametro dei ferri longitudinali del palo
- Num. ferri sup. per fascia: numero di ferri nella parte superiore della fascia di collegamento tra i pali
- Num. ferri inf. per fascia: numero di ferri nella parte inferiore della fascia di collegamento tra i pali
- Num. ferri sup. zona pilastro: numero di ferri superiori nella fascia sottostante il pilastro
- Num. ferri inf. zona pilastro: numero di ferri inferiori nella fascia sottostante il pilastro
- Diametro staffe: diametro delle staffe della fascia di collegamento tra i pali
- Passo staffe: passo delle staffe della fascia di collegamento tra i pali

Le informazioni richieste per l'armatura dei singoli pali sono analoghe a quelle necessarie per il plinto su palo o per il plinto su due pali. Nel caso si stia modellando un plinto con bicchiere i comandi per la definizione delle armature del bicchiere sono analoghi a quelli visti per il plinto a bicchiere. Nel caso fosse necessario definire un'armatura per punzonamento i comandi sono analoghi a quelli descritti per il plinto a gradoni e per il plinto a bicchiere.

Palo singolo

La definizione delle armature di un palo singolo richiede le seguenti informazioni per le armature emergenti dal palo:

• Copriferro: copriferro delle armature uscenti dalla testa del palo

Sono inoltre necessarie le seguenti informazioni per quanto riguarda l'armatura del palo:

- Diametro: diametro dei ferri longitudinali del palo
- Numero minimo: numero di ferri longitudinali
- Lunghezza massima dei ferri: massima lunghezza dei ferri longitudinali
- Diametro armatura aggiuntiva: diametro dei ferri longitudinali aggiuntivi
- *Numero aggiuntivi*: numero di ferri longitudinali aggiuntivi da inserire
- Lunghezza aggiuntivi: lunghezza massima dei ferri aggiuntivi
- Diametro ferri spirale: diametro delle staffe a spirale del palo
- Passo ferri spirale: distanza tra due spire delle staffe
- Copriferro: copriferro del palo

Progetto automatico delle armature

Impostazione dei parametri per la progettazione

Prima di eseguire la progettazione delle armature è necessario indicare materiali ed i coefficienti parziali di sicurezza nella cornice *Ferri e materiali* del menù *Impostazioni* a cui è possibile accedere tramite il comando *Impostazioni* presente nel menù *Carichi* o nella barra dei comandi rapidi.

	Colori	Ferri e materiali	
F	erri superiori		
Ģ	🖲 Piega per tutta l'altezza 👘 🤇	Piega di X cm 20.0	
3	Materiali		~
	Calcestruzzo plinto	C40/50	
	Acciaio plinto	B450C	
	Calcestruzzo bicchiere	C40/50	
	Calcestruzzo pali	C40/50	
	Acciaio pali	B450C	
	Condizioni ambiente:	Agressive	
	Gamma RD cmb. sismiche	1.3	
	Gamma BD hicchiere cmh_si	1 35	~

	Geometria Armatura	Plinti simili
Ξ	Armatura	
	Copriferro (cm)	5.0
⊡	Armatura pali	
	Diametro	16
	Numero minimo	10
	Lunghezza massima dei ferri	1000
	Diametro arm. aggiuntiva	0
	Numero aggiuntivi	4
	Lunghezza aggiuntivi	0
	Diametro ferri spirale	8
	Passo ferri spirale	20
	Copriferro	5

EE_TRAT DTE DNI FIL_INT FIL_EST DD0 TI TI	0: 155: 204 0: 155: 204 204: 0: 153 51: 204: 51 51: 204: 51 153: 0: 51 204: 51 0: 51
016 10NI RI_INT RI_EST 100 TI	0: 155: 204 204: 0: 153 51: 204: 51 51: 204: 51 153: 0: 51 204: 51 0: 51
10NI FIL_INT FIL_EST IDD TI	204, 0, 153 51, 204; 51 51, 204; 51 51, 204; 51 153; 0; 51 204, 51; 0
RI_INT RI_EST IDD TI	51; 204; 51 51; 204; 51 153; 0; 51 204; 51 204; 51
RI_EST	51, 204, 51 153, 0, 51 204, 51, 0
TI	204 51 0
TI TO TECT	204 51 0
10.0000	BOOK 21-V.
10_FERIE	204; 51; 0
TO_TITOLI	204, 51, 0
TO_POS	204; 51; 0
onamento	
tarza perimetro o	cièco 2 d
a disegno e com	pulo
Italiano	C English
	TO_TITOLI TO_POS onamento larza perimetro i a disegno e con taliano

La cornice Materiali contiene i seguenti comandi:

- Calcestruzzo plinto: consente di specificare il materiale di cui è composto il plinto
- Acciaio plinto: consente di specificare il tipo di acciaio utilizzato per le armature del plinto
- Calcestruzzo bicchiere: consente di specificare il materiale di cui è composto il bicchiere. Il comando ha influenza sulla progettazione solo per i plinti a bicchiere o per i plinti su pali con bicchiere
- *Calcestruzzo pali*: consente di specificare il materiale di cui è composto il palo di fondazione. Il comando ha influenza sulla progettazione solo per i pali singoli o per i plinti su pali
- Acciaio pali: consente di specificare il tipo di acciaio utilizzato per le armature dei pali. Il comando ha influenza sulla progettazione solo per i pali singoli o per i plinti su pali
- Condizioni ambiente: consente di specificare le condizioni ambientali. Questo parametro è necessario per le verifiche in esercizio degli elementi di fondazione (si faccia riferimento al §4.1.2.2.4.3 del D.M.2018)
- Duttilità: classe di duttilità della struttura (alta, bassa o non dissipativa)
- *Gamma RD cmb. sismiche*: fattore di sovraresistenza per le verifiche di resistenza del plinto o del palo di fondazione (si faccia riferimento alla tabella 7.2.1 del D.M.2018)
- Gamma RD bicchiere cmb. sismiche: fattore di sovraresistenza per le verifiche di resistenza del bicchiere (si faccia riferimento alla tabella 7.2.1 del D.M.2018). Il comando ha influenza solo sulla progettazione dei plinti a bicchiere e dei plinti su pali con bicchiere

Esecuzione della progettazione delle armature

Il progetto automatico delle armature può essere avviato con il comando *Progetto armature* presente nel menù *Carichi* oppure sulla barra dei comandi rapidi. Attivando il comando si accede alla finestra *Progetto armature*:

		Prog	yetto armature ×			
🗆 Pr	rogetto armatura base del plint	0 ^				
Dia	ametro dir. X (mm)	16				
Dia	ametro dir. Y (mm)	16	Sez. parallela a Y (armatura dir.X):			
Pa	asso massimo (cm)	30.0	Calcolo mediante metodo delle bielle.			
Co	opriferro (cm)	5.0	Armatura inf = 7,02 cmq, Armatura sup = 3,51 cmq			
🗆 Pr	rogetto armatura bicchiere		One secolution V (and the V). Opticale modificate moto de della			
Dia	ametro staffe orizzontali (mm)	16	Sez, parallela a X (armatura dir.Y): Calcolo mediante metodo delle			
Dia	ametro staffe verticali (mm)	12	Armatura inf = 7.63 cmg. Armatura sun = 3.81 cmg			
Co	opriferro (cm)	3.0				
🗆 Pr	rogetto armatura punzonament	0	Punzonamento:			
Dia	ametro ferri sagomati (mm)	16	Non è stata eseguita la verifica a punzonamento, in quanto il			
Ca	alcolo coef. Beta	Pilastro interno	perimetro critico risulta maggiore delle dimensioni della base del			
Bif	f. normativa	NTC 2008	plinto.			
🗆 Pr	rogetto armatura dei plinti su p	ali				
Dia	ametro arm. collegamento (mm)	16				
Dia	ametro staffe sospensione (mm)	10				
🗆 Pr	rogetto armatura dei pali		- Tipo di verifica			
Dia	ametro armatura (mm)	16				
Nu	umero ferri armatura base	10	🔿 Tensioni ammissibili 🔅 Stati limite			
Dia	ametro staffe spirale (mm)	8				
Co	opriferro (cm)	5	Progetta Salva impostazioni Esci			
An	matura minima (§ 7.2.5 DM 2008)	0.3% e 1% (primi 10 dia 💙				

La finestra *Progetto armature* contiene i comandi per definire le modalità di progettazione dei ferri della fondazione, la barra di avanzamento delle operazioni, il report ed i comandi di menù. *Progetto armatura base del plinto*

- Diametro direzione X: diametro da utilizzare per i ferri disposti in direzione X
- Diametro direzione Y: diametro da utilizzare per i ferri disposti in direzione Y
- Passo massimo: massimo passo dei ferri utilizzabile
- Copriferro: copriferro del plinto

Progetto armatura del bicchiere

Questi comandi sono attivi solamente per i plinti a bicchiere

- *Diametro staffe orizzontali*: diametro da utilizzare per le staffe orizzontali disposte nelle pareti del bicchiere
- *Diametro staffe verticali*: diametro da utilizzare per le staffe verticali disposte nelle pareti del bicchiere
- Copriferro: copriferro del bicchiere

Progetto armatura punzonamento:

- Diametro ferri sagomati: diametro delle armature per punzonamento
- Calcolo coef. Beta: consente di indicare se il pilastro è interno, di bordo o d'angolo per calcolare il coefficiente beta (si veda §6.4.3 dell'Eurocodice2)
- *Rif. normativa*: normativa su cui basare il calcolo. Sono disponibili NTC2018 ed EC2

Progetto armatura dei plinti su pali

Questi comandi sono attivi solamente per i plinti su due o più pali

- Diametro arm. collegamento: diametro dei ferri da inserire nelle fasce di collegamento tra i pali
- Diametro staffe sospensione: diametro delle staffe da inserire nelle fasce di collegamento tra i pali Progetto armatura dei pali

Questi comandi sono attivi solamente per i pali singoli e per i plinti su pali

- Diametro armatura: diametro dei ferri longitudinali del palo
- Numero ferri armatura base: numero di ferri longitudinali da inserire nel palo
- Diametro staffe spirale: diametro delle staffe a spirale del palo
- Copriferro: copriferro del palo
- Armatura minima: minimo quantitativo di armatura da inserire nel palo (si faccia riferimento alle indicazioni del §7.2.5 del D.M. 2018)

Cornice Tipo di verifica

Consente di specificare se eseguire il progetto delle armature con il metodo alle tensioni ammissibili oppure agli stati limite

Comandi di menù

- *Progetta*: esegue la progettazione delle armature del plinto
- Salva impostazioni: salva i dati inseriti per utilizzarli in altri modelli di PRO_CAD Disegno plinti
- Esci: esce dalla finestra Progetto armature senza eseguire la progettazione delle armature del plinto.

Al termine della progettazione è possibile controllare l'esito nel report. Se la progettazione è andata a buon fine vengono riportati i ferri dimensionati automaticamente dal programma; viceversa, se ci sono stati dei

problemi nel calcolo, vengono segnalati. Nel caso i dati inseriti dall'utente non consentano il progetto di un'armatura sufficiente a far tornare le verifiche di resistenza il programma suggerisce quali parametri modificare per rieseguire il progetto automatico al fine di soddisfare tutte le verifiche. Nel caso la progettazione sia andata a buon fine, chiudendo la finestra Progetto armature vengono automaticamente aggiornate le armature sia nella cartella Armature sia



L'armatura a punzonamento viene dimensionata solamente se le verifiche di punzonamento risultano essere necessarie. Il programma calcola un perimetro critico come indicato al §6.4.2 dell'Eurocodice 2. Se questo perimetro critico risulta essere interno al blocco di base del plinto viene dimensionata l'armatura per punzonamento e successivamente verranno eseguite le verifiche di punzonamento; viceversa, se il perimetro è esterno al blocco di base, non verranno eseguiti né il

dimensionamento delle armature per il punzonamento né le verifiche del punzonamento. In questo secondo caso il programma restituirà il messaggio seguente: Punzonamento:

Non è stata eseguita la verifica a punzonamento, in quanto il perimetro critico risulta maggiore delle dimensioni della base del plinto.

Esecuzione delle verifiche e generazione della relazione di calcolo

Per eseguire le verifiche delle armature definite manualmente o dimensionate in automatico dal programma è necessario usare il comando Verifica armature che si trova nel menù Calcolo oppure nella barra dei comandi rapidi. Attivando il comando si accede alla finestra Opzioni relazione che consente di editare sia le normative di riferimento da adottare nel calcolo che le opzioni di stampa della relazione di calcolo.



Opzioni per l'esecuzione delle verifiche

- Cornice Punzonamento: consente di indicare se il pilastro è interno, di bordo o d'angolo per calcolare il coefficiente beta (si veda §6.4.3 dell'Eurocodice2). Consente inoltre di indicare se eseguire il calcolo basandosi sul D.M.2018 oppure sull'Eurocodice2
- Cornice Tipo di verifica: consente di specificare se eseguire le verifiche con il metodo alle tensioni ammissibili oppure agli stati limite
- Cornice Verifica bicchiere SLU: consente di selezionare la normativa di riferimento per le verifiche . del bicchiere a scelta tra CNR 10025/84 e CNR 10025/98. Questa opzione ha influenza sulle verifiche degli elementi di fondazione solo nel caso dei plinti a bicchiere

Opzioni per la stampa della relazione

Cornice Stampa

- Pressioni sul terreno: consente di indicare se riportare o meno in relazione le pressioni sul terreno ٠ esercitate dagli elementi di fondazione
- Verifiche c.a.: consente di indicare se riportare o meno in relazione le verifiche degli elementi di fondazione

Cornice Risultati

- Tutte le sezioni e le combinazioni: attivando questa opzione vengono riportati in relazione i risultati di tutte le sezioni degli elementi di fondazione per tutte le combinazioni
- Solo le combinazioni più gravose per ogni sezione: attivando questa opzione vengono riportati in . relazione i risultati di tutte le sezioni degli elementi di fondazione per le combinazioni di calcolo più gravose

 Solo le sezioni più sollecitate: attivando questa opzione vengono riportati in relazione i risultati delle sezioni più sollecitate degli elementi di fondazione. Nel caso si desideri ottenere una relazione di lunghezza contenuta si consiglia di utilizzare questa opzione

					Relazione di	calcolo				
/ERII	FICHE	PLINTO DI FO	ONDAZIONE							Ī
ИАТЕ	RIALI									
Accia	io: B450	C								
E = 20	60000	daN/cmq, Fy	k = 4500 daN/cm	q, fsd = 39'	13 daN/cmq					
Calce	struzzo	: C40/50								
Rck =	500 dal	V/cmq, E = 3	55470 daN/cmq,	fcd = 235,2	daN/cmq, fo	tm = 36,0 daN/0	cmq, fctd = 16,	3 daN/cmq		
Sollec	itazioni	alla base del	pilastro							
Cmb.	Plin.	Tipo	Vx	Vy	N	Mx	My	т		
			(daN)	(daN)	(daN)	(daN cm)	(daN cm)	(daN cm)		
1	1000	SLU STR.	-3885,6	-2298,1	-121700,0	1384000,0	2226000,0	-180300,0		
2	1000	SLU STR.	-3885,6	-2298,1	-116800,0	1384000,0	2226000,0	-180300,0		
3	1000	SLU STR.	-3269,2	271,1	-121700,0	-157800,0	1952000,0	-44850,0		
4	1000	SLU STR.	-3269,2	271,1	-116800,0	-157800,0	1952000,0	-44860,0		
5	1000	SLU STR.	3269,2	-256,2	-121700,0	158700,0	-1952000,0	44860,0		
6	1000	SLU STR.	3269,2	-256,2	-116800,0	158700,0	-1952000,0	44850,0		
7	1000	SLU STR.	3885,6	2313,0	-121700,0	-1383000,0	-2226000,0	180300,0		
8	1000	SLU STR.	3885,6	2313,0	-116800,0	-1383000,0	-2226000,0	180300,0		
9	1000	SLU STR.	-3270.0	-1793.8	-121700.0	1082000.0	1952000.0	-46320.0		
10	1000	SLU STR.	-3270.0	-1793.8	-116800.0	1082000.0	1952000.0	-46330.0		
11	1000	SLU STR	-3884.8	-233.2	-121700.0	144900.0	2225000.0	-178800.0		
12	1000	SLU STR.	-3884.8	-233.2	-116800.0	144900.0	2225000.0	-178800.0		
13	1000	SLU STR.	3884.8	248.1	-121700.0	-144000.0	-2225000.0	178800.0		
14	1000	SLU STR.	3884.8	248.1	-116800.0	-144000.0	-2225000.0	178800.0		
15	1000	SLU STR.	3270.0	1808.7	-121700.0	-1081000.0	-1952000.0	46330.0		
16	1000	SLU STR.	3270.0	1808.7	-116800.0	-1081000.0	-1952000.0	46320.0		
17	1000	SLU STR.	-3265.4	-256.3	-121700.0	158700.0	1949000.0	45770.0		
18	1000	SLU STR	-3265.4	-256.3	-116800.0	158700.0	1949000.0	45760.0		
19	1000	SLU STR	-2649.0	2312.9	-121700.0	-1383000.0	1675000.0	181200.0		
20	1000	SLU STR	-2649.0	2312.9	-116800.0	-1383000.0	1675000.0	181200.0		
21	1000	SLU STR	2649.0	-2298 1	-121700.0	1384000.0	-1675000.0	-181200.0		
22	1000	SLU STR	2649.0	-2298 1	-116800.0	1384000.0	-1675000.0	-181200.0		
23	1000	SLU STR.	3265.4	271.1	-121700.0	-157800.0	-1949000.0	-45760.0		
24	1000	SLU STR.	3265.4	271.1	-116800.0	-157800.0	-1949000.0	-45770.0		
25	1000	SLU STR.	-2649.8	248.0	-121700.0	-143900.0	1675000.0	179800.0		
26	1000	SLU STR.	-2649.8	248.0	-116800.0	-143900.0	1675000.0	179800.0		
27	1000	SLU STR.	-3264.7	1808.6	-121700.0	-1081000.0	1948000.0	47240.0		
28	1000	SLU STR.	-3264.7	1808.6	-116800.0	-1081000.0	1948000.0	47230.0		
29	1000	SLUSTR	3264 7	-1793.8	-121700.0	1082000.0	-1948000.0	-47230.0		
										ľ
							Salva re	lazione	Chiudi	

Generazione degli elaborati

È possibile ottenere il computo metrico degli elementi di fondazione con il comando *Computo metrico* disponibile sulla barra dei comandi rapidi. Il computo metrico viene esportato in formato .rtf. Per generare gli esecutivi del plinto è necessario usare il comando *Genera file DXF* che permette di accedere alla finestra *Disegno DXF*

the and shall descent it.		204	NB- AN	ALC: YEAR
1 tel can parte disponibili		100	u se dan per generatione u	NGP
4o1000 pin	Aggiungi >			
	< Rimuosi			
	Aggiungi tuti >>			
	<< Rimuovi tuti			
D:\ Ubers	Amatura superiore IF: Piega per lutta fake	rza del plinto	⊂ Piega (cn) =	208
Diskina .	Scale di stampe del pro 1.000 mm = 10	gramma CAD 000 unità	Computo Vedi tile RiT	F .
	Layer			
	Layer LINEE_TRAT	4	BORDO	
	LINEE_TRAT	÷	BORDO TESTI	
	Layan LINEE_TRAT QUOTE SEZIONI	4	BORDO TESTI TESTO_TITOLI	1
	Layar LINEE_TRAT QUOTE SEZIONI FERRI_INT	4 4 1	BORDO TESTI TESTO_TITOLI TESTO_FERRI	3

All'interno della finestra Disegno DXF si trovano i seguenti comandi:

- Cornice directory: consente di navigare tra i file del pc per cercare i file di PRO_CAD Disegno plinti
- *Cornice armatura superiore*: consente di specificare se piegare i ferri superiori per una lunghezza pari all'altezza della base del plinto o per una lunghezza definita da utente
- Cornice Colore layer: consente di assegnare la colorazione ai vari layer che saranno presenti nel file .dxf

- Cornice File dati disponibili: contiene l'elenco dei plinti per cui sono già state generate le armature
- Cornice File dati per generazione DXF: contiene l'elenco degli elementi che verranno riportati nel disegno
- Aggiungi: consente di aggiungere il plinto corrente selezionato nella cornice File dati disponibili alla lista degli elementi da riportare nell'esecutivo della cornice File dati per generazione DXF
- *Rimuovi*: consente di rimuovere il plinto corrente dalla lista degli elementi da riportare nell'esecutivo della cornice *File* dati *per generazione DXF*
- Aggiungi tutti: consente di aggiungere tutti i plinti presenti nella cornice File dati disponibili alla lista degli elementi da riportare nell'esecutivo della cornice File dati per generazione DXF
- *Rimuovi tutti*: consente di rimuovere tutti gli elementi dalla lista della cornice *File* dati *per generazione DXF*
- Salva impostazioni: salva le impostazioni della finestra Disegno DXF per poterle utilizzare in altri modelli
- *Carica impostazioni*: carica un file di impostazioni per la generazione degli esecutivi precedentemente salvato
- Computo RTF: genera il computo degli elementi di fondazione in formato .rtf
- Genera file DXF: genera l'esecutivo delle fondazioni in formato .dxf
- Esci: esce dalla finestra Disegno DXF

Capitolo 20

Generazione degli esecutivi dei collegamenti per strutture in acciaio

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la verifica e la generazione dei disegni dei collegamenti metallici con il modulo *PRO_CAD Nodi acciaio*.

- Esecutivi dei collegamenti in acciaio
- PRO_CAD Nodi acciaio
- Finestra principale di lavoro
- Definizione della geometria e delle caratteristiche del nodo
- Assegnazione dei carichi agli elementi del nodo
- Esecuzione delle verifiche e stampa della relazione di calcolo
- Generazione disegno esecutivo

Esecutivi dei collegamenti in acciaio

Gli esecutivi dei collegamenti per le strutture metalliche possono essere generati con il modulo *PRO_CAD nodi acciaio*. Il programma gestisce gli esecutivi delle seguenti tipologie di nodi metallici:

- Nodo trave colonna
- Nodo di continuità
- Nodo di collegamento tra due travi;
- Nodo di collegamento della colonna in acciaio alla fondazione in c.a.
- Nodo di collegamento della trave in acciaio alla parete in c.a.

PRO_CAD nodi acciaio può essere attivato partendo da un modello realizzato con *PRO_SAP* ma può anche lavorare in modalità indipendente.

Generazione degli esecutivi dei collegamenti a partire da un modello di PRO_SAP

È possibile generare gli esecutivi solamente dopo aver eseguito le verifiche degli elementi strutturali in acciaio. Sono disponibili due diverse procedure:

- 3. utilizzare il comando: Contesto ► Generazione esecutivi ► Esecutivi collegamenti acciaio. È necessario che i nodi e gli elementi associati siano visibili al momento dell'attivazione del comando di generazione. In questo modo avviene la generazione contemporanea di tutti i nodi metallici visibili. I file generati, uno per nodo, vengono salvati nella sotto-cartella disegni della cartella data del modello (la cartella data viene salvata automaticamente dal programma nella stessa posizione dove viene salvato il modello; il nome completo della cartella sarà nomemodello_data). Nel caso di nodi simili, il programma genera un solo esecutivo per ogni gruppo di nodi che hanno la stessa geometria ed esegue il progetto e le verifiche sulla base di tutte le sollecitazioni di tutti i collegamenti che formano il gruppo.
- 4. utilizzare la seguente procedura:
 - iv. nel contesto di Assegnazione dati di progetto attivare il comando Controlla e fare clic su uno degli elementi d2 che concorrono nel nodo di cui si desidera l'esecutivo. In questo modo viene visualizzata la *Finestra di controllo generale* che permette di effettuare il controllo dei risultati della progettazione, relativi al singolo elemento
 - scorrere con il cursore fino alla sezione desiderata. Se ci si trova in una delle due sezioni di estremità dell'elemento verrà realizzato un nodo; se ci si trova in una sezione intermedia verrà realizzato un giunto di continuità
 - vi. utilizzare il comando: **Genera esecutivi** ► **Esecutivo collegamento**. In alternativa si può ottenere lo stesso risultato cliccando con il tasto destro nella finestra grafica della *Finestra di controllo generale* e selezionando il comando: *Esecutivo collegamento*
 - vii. automaticamente viene lanciato l'applicativo *PRO_CAD Nodi acciaio* e vengono trasmessi i dati dell'elemento selezionato





Il primo metodo descritto attiva il riconoscimento automatico dei nodi simili: i nodi con uguale geometria vengono raggruppati e le verifiche vengono eseguite per l'intero gruppo di nodi, non per il singolo elemento. Il secondo metodo descritto invece non attiva questo automatismo e genera l'esecutivo del solo nodo selezionato.

PRO_CAD nodi acciaio in modalità indipendente

Per la generazione del progetto e del disegno di un qualunque nodo di una struttura metallica, attivare l'applicativo *PRO_CAD Nodi acciaio* con i seguenti comandi: *Start (Avvio)* ► *Programmi* ► *PRO_SAP PROfessional SAP* ► *Moduli PRO_SAP* ► *PRO_CAD Nodi acciaio*.



PRO_CAD Nodi acciaio

Durante il caricamento del modulo *PRO_CAD nodi acciaio* viene visualizzata la finestra che riporta i dati della versione del programma installato:



Finestra principale di lavoro

Quando si avvia *PRO_CAD Nodi acciaio*, la finestra di lavoro principale presenta i comandi necessari per l'introduzione e la modifica dei dati geometrici, delle bullonature e di disegno dei giunti.

La finestra di lavoro principale contiene:

- La finestra grafica per la visualizzazione della geometria
- La barra dei comandi di menù

- I comandi di gestione della tipologia di collegamento
- I comandi di gestione dei dati generali (allineamento travi, distanze bulloni, lunghezza mensole)
- I comandi di gestione dei giunti degli elementi

						194
in Cards Vertic	a General	a 105. ?				
Tipologia di sollega	skelo .		1	1	1	-
19 Titem 2+	143 210	Materiale	C failes		4	
17 Taxe 2	161 240	Mataliais	100000		1 4	/
🖓 Tam 5+	100 100	Matnian	harris .			
12 Iten 3-	HPE ISB	Materials	1 Cardena			
17 Televisiba	HEREID	Materiale	Same			
17 Calosnalist	168.210	Materiale	H Cavana	-		
10092- Signal	Tion St	10e31	Continenti			-
1000 2+ Second or Plays File Abstration File Abstration File Abstration File Abstration File Abstration	til Travelik or a raceroor H a metaac Hi a metaac Hi a metaac Hi a metaac Hi a metaac Hi	Conjunt 1 T 1 T 1 T T T T	(at a set of the set o	0	•	1
1000 24 Separati d' Plarga File di balani co File di balani co File di balani co File di balani co Sperano platita	ti Travelo v a narever f a netere fi a retere fi a ret	I lose bill Contguant I T I T I T I T I T I T I T I T I T I T		0	0	
Terrer 24 Server 3 Af Planger File di balleri con File di balleri con File di balleri con File di balleri con File di balleri con Spermer planta Spermer nervet	ti Toosiin e n nemoo R n nemoo R n nemoo R nemoo R nemoo R nemoo nemoo nemoo	Insetil Conjunti I T I T I T I T I T I T I T I T		C 8	0	

La finestra grafica per la visualizzazione della geometria.



La *finestra grafica* di visualizzazione della geometria presente all'interno della finestra principale di lavoro contiene la rappresentazione tridimensionale del nodo in oggetto. Può essere ingrandita mediante il comando << *allarga disegno* e ridotta con *riduci disegno* >>.

In tutte le visualizzazioni della finestra è possibile ruotare nello spazio il nodo tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e spostando il cursore all'interno dell'area grafica e quando è visualizzata la massima dimensione è possibile esportare l'immagine del nodo 3d in formato bmp, facendo clic sul comando *Salva immagine*.

Nella finestra grafica sono riportati gli assi locali del nodo che rappresentano l'orientamento locale della colonna inferiore ed i cui colori hanno il seguente significato:

rosso	asse locale 1
verde	asse locale 2
blu	asse locale 3

L'elemento in analisi è evidenziato tramite il colore rosso, gli elementi non selezionati invece sono di colore blu.

La barra dei comandi di menù

La barra contiene i seguenti comandi di menù:

File Carichi Verifica Genera file dxf 2

File

Questo comando a sua volta contiene i seguenti controlli:

- Nuovo: avvia un nuovo progetto di nodo
 - *Apri*: apre un nodo precedentemente calcolato. I file di *PRO_CAD nodi acciaio* hanno estensione .nw6
- Salva: salva i dati del nodo che si sta studiando
- Salva con nome: salva i dati del nodo che si sta studiando
- Preferenze: attiva il menù Preferenze
- Salva immagine: salva l'immagine del nodo così come è visualizzata nella finestra grafica
- Esci: esce da PRO_CAD Nodi acciaio

Il menù Preferenze

Visualizzacione T Nescardi anti Velocità di strazione dell'anteprina Lenfa 1 Veloce	Tolesause Disassamenio verticale navi(deg) (0.0572905 Scostamenio verticale nili (deg) (7
Valori di dettavil dilinoarnento travi G ² In accia (° Estraubens) (° Interdeceno Minano spacio di nuenovea bullore (num) (900 Bullore Viti el 80 Dedl0 () Diametro (num) (° () () () () () () () () () () () () () () ()	CNR 10011 EC3 DM 2008 Moltolicatori positione bulloni positiplicatore normale 2 20 120 100 realtiplicatore normale 1.30 0.90 0.70 Grandeza divide intento C Disensito bullone C Disensitio form Plata i valori delle distanze p. e sed a si ottergiono dialprodato tra inelativi moltiplicatore e il disensito diriterimento.
Epitifica i valorigradefné delle paraterne	Qi Smile

È possibile accedere al menù *Preferenze* tramite il comando *File* **>** *Preferenze*. All'interno della finestra è possibile modificare le seguenti opzioni:

- Nascondi assi: se attiva, questa opzione elimina la visualizzazione degli assi di riferimento nella finestra grafica
- Velocità di rotazione dell'anteprima: consente di regolare la velocità di rotazione del nodo nella finestra grafica tramite mentre si modifica la vista
- *Disassamento verticale max*: consente di impostare una tolleranza per far percepire al programma due elementi come continui anche se non sono perfettamente allineati nel modello della struttura in *PRO_SAP*
- Scostamento verticale min: consente di inserire il minimo angolo che due elementi, per esempio tra una colonna ed un controvento, devono formare. Se ne consiglia l'uso soprattutto quando si modella il nodo direttamente in PRO_CAD Nodi acciaio

Canchi	Venifica	Genera file CXF	7
Nuovo			
Apri			
Salva			
Salva cor	nome		
Preferenz	e		
Salva irmr	negine		
Esci			
DAUSERS	ALBMAD	OCUMENTS:	
DAUSERS	ALBMOD	OCUMENTS)	
D:AUSERS	ALBMOD	OCUMENTS	
DAUSERS	ALBMID	OCUMENTS!	
	Canchi Nucivo Apri Solva cor Preferenzi Solva imi Esci DAUSERS DAUSERS DAUSERS	Canchi Venfrica Nucivo Apri Salva con nomo Preferenze: Salva immegine Esci DAL/SERS\ALBM\D DAL/SERS\ALBM\D DAL/SERS\ALBM\D DAL/SERS\ALBM\D	Canchi Venfrica Genera file OXF Nucivo Apri Salva Salva coei nomo Preferenze Salva immegine Esci DAUSERSIALBIMI,DOCUMENTSI DAUSERSIALBIMI,DOCUMENTSI DAUSERSIALBIMI,DOCUMENTSI DAUSERSIALBIMI,DOCUMENTSI

- Allineamento travi: permette all'utente di modificare l'allineamento delle travi scegliendo tra tre opzioni: in asse, estradosso, intradosso. Questa modifica ha effetto sulle verifiche del nodo perché cambiano le sollecitazioni agenti sullo stesso
- *Minimo spazio di manovra bulloni*: consente di imporre una distanza minima del collegamento dal filo del pilastro. Questa distanza è unica per tutte le travi che concorrono nel nodo. Il minimo spazio di manovra è necessario per la messa in opera del collegamento per consentire di posizionare e stringere i bulloni. L'unità di misura sono i mm
- *Massima distanza giunto da filo elemento*: consente di imporre una distanza massima del collegamento dal filo del pilastro. Questa distanza è unica per tutte le travi che concorrono nel nodo. L'unità di misura sono i mm
- *Bulloni*: all'interno della cornice *Bulloni* è possibile indicare la classe ed il diametro dei bulloni da utilizzare ed indicare al programma se ridurre l'area resistente per tenere conto della filettatura nel calcolo della resistenza del bullone
- Moltiplicatori posizione bulloni: la cornice moltiplicatori posizione bulloni consente di impostare i
 moltiplicatori che vengono utilizzati per calcolare le minime distanze reciproche tra bulloni e del
 bullone dai bordi della piastra. Consente inoltre di specificare se utilizzare il diametro del foro od il
 diametro del bullone come grandezza di riferimento per questo calcolo. Di default il programma
 implementa i valori imposti dal DM2008 in tabella 4.2.XIII. È anche possibile scegliere di utilizzare
 normative diverse: CNR 10011 ed Eurocodice 3
- *Ripristina i valori predefiniti delle* preferenze: utilizzando questo comando si torna ai valori di default di *PRO_CAD Nodi acciaio*



Agendo sulle opzioni contenute in questo menù si modificano i valori di default con cui il programma si avvia; le modifiche operate non hanno alcun effetto sul nodo che si sta progettando.

Definizione della geometria e delle caratteristiche del nodo

Nel caso il nodo sia stato generato a partire da un modello di *PRO_SAP* la geometria viene automaticamente determinata in base ai dati inseriti in *PRO_SAP*. Se si sta utilizzando il modulo *PRO_CAD nodi acciaio* in modalità indipendente è possibile definire le caratteristiche degli elementi che concorrono nel nodo tramite i comandi che verranno descritti nel seguito.

La cornice tipologia di collegamento

Tiave 24	IPE 330	Propietà a
🖓 Trave 2-	IPE 330	Proprietà α
Trave 3+	IPE 360	Proprietà a
Trave 3-	IPE 300	Proprietà a
🖓 Cal Sup 🔄	HEA 320	Proprietà a
🖓 Col W	HEA 320	Proprietà a (*

La cornice *tipologia di collegamento* contiene i dati sugli elementi che compongono il nodo e consente di modificarli. In ogni collegamento la colonna risulta parallela all'asse locale 1 (quello rosso nella finestra grafica) mentre le travi saranno parallele agli assi 2 e 3 che verranno utilizzati anche per assegnare il nome

alle travi stesse. Se il nodo è stato creato a partire da un modello di PRO_SAP, il riconoscimento delle travi e delle colonne presenti avviene in modo automatico. La cornice contiene i seguenti comandi:

- Check box: la check box a fianco dei nomi degli elementi permette di aggiungere od eliminare componenti dal nodo.
- *Nome profilo*: cliccando sul comando che riporta il nome del profilo dell'elemento è possibile accedere alla finestra *Dati sezione* (si veda il paragrafo *finestra Dati sezione*).
- *Proprietà*: cliccando sul comando proprietà è possibile accedere alla finestra *Dati materiali* (si veda il paragrafo *finestra Dati materiali*).
- α: cliccando sul comando α si accede alla finestra *Inclinazione Trave* dalla quale è possibile impostare l'angolo che l'elemento forma rispetto all'asse



locale 1 (si veda immagine a fianco). Questo comando è attivo solo per le travi. Nel caso il

collegamento sia stato generato a partire da un modello di *PRO_SAP*, il programma determina automaticamente l'angolo di inclinazione delle travi

 Continuo: questo comando permette di identificare l'elemento continuo, ovvero l'elemento principale della connessione. Gli elementi non continui saranno interrotti e collegati all'elemento continuo. Se il nodo è stato generato a partire da un modello di *PRO_SAP* il programma determina automaticamente qual è l'elemento continuo in base alla geometria, alla gerarchia ed alla eventuale presenza di svincoli negli elementi che concorrono nel nodo. Tuttavia l'utente può modificare l'elemento continuo individuato dal programma qualora la geometria del nodo lo consenta. Se un elemento è identificato come continuo, non è possibile eliminarlo dal nodo

La finestra Dati sezione

Profili semplici –	- Profili accoppiati-	005 200			0
IPE	C 2L	UFE 330	*	+ -	
C IPN	C 2LF	Jx = 11767 cm4			1992
C HE	C 2LDC	ix = 13,71 cm		. .	
C W	C 2LDL	Wpx = 804,3 cm3		°a→	÷ *
СН	C 4LC	Jy = 788 cm4			↓e
сш	C 2UPN	Wy = 98,5 cm3 iv = 3,55 cm	m	У	I T
CLD		Wpy = 153,7 cm3		-+	u+
C UPN	-	Area = 62,6 cmq	20	Cambia	elemento
C T.Quad.	Distanza (mm)	Peso = 49,15 kg/m	-		
C T.Tanda	0	h = 330 mm	estr-		
Classe sezione	1	a = 7,5 mm		Applica	a Trave 2-
• 1 C 2	C 3 C 4	e = 11,5 mm	100	01-	Appulla

La finestra *Dati sezione* contiene le caratteristiche della sezione dell'elemento del collegamento e consente di modificarle. Sono disponibili i seguenti comandi:

- Profili semplici: la cornice profili semplici contiene tutti i profili semplici gestiti dal programma e consente di modificare il profilo dell'elemento. I profili LD ed LU sono disponibili solamente per gli elementi di controvento
- *Profili accoppiati*: la cornice profili accoppiati contiene tutti i profili accoppiati gestiti dal programma e consente di modificare il profilo dell'elemento. I profili accoppiati sono disponibili solamente per gli elementi di controvento
- *Distanza*: nel caso sia stato scelto un profilo accoppiato, la casella distanza consente di specificare la distanza di accoppiamento tra i profili
- *Classe sezione*: la cornice classe sezione permette di specificare la classe di appartenenza della sezione
- Cambia elemento: il comando cambia elemento consente di modificare la sezione del profilo scegliendo tra la categoria di profili a cui appartiene la sezione corrente
- *Applica a...*: il comando *applica a...* consente di applicare le modifiche apportate alla sezione anche all'altra trave che giace sullo stesso asse di quella in analisi
- Ok: salva le modifiche e chiude la finestra Dati sezione
- Annulla: annulla le modifiche e chiude la finestra Dati sezione

La finestra Dati materiali

Viti cl. 8.8	Dadi 8 < >	fyb = 649 N/mmq
Diametro (mm)	16 < >	ftb = 800 N/mmq
Riduzione c per filettatur	lell'area resistente a	☐ Accoppiamento di precisione
Materiale elemento) (tensioni in N/mm	i)
Fe360 - \$235	C Fe430 - S27	5 Tensione ammissibile 160
← Fe510 - S355	C Altro	fy 235 ft 360 Yrd 1.20
Materiale flangia e	nervature (tensioni	in N/mmq)
Fe360 - S235	C Fe430 - S27	5 Tensione ammissibile 160
C E_510 \$255	C Altro	fy 235 ft 360 7rd 1.20

La finestra *Dati materiali* contiene le caratteristiche dei materiali dell'elemento, dei bulloni, della flangia e delle nervature del collegamento ed il diametro dei bulloni e consente di modificarle. Sono disponibili i seguenti comandi:

- *Bulloni*: la cornice bulloni consente di scegliere la classe dei bulloni da utilizzare nel collegamento ed il diametro. Vengono riportate la resistenza a snervamento ed a rottura della classe selezionata per il bullone. La cornice contiene anche le opzioni *riduzione dell'area resistente per filettatura* per calcolare la resistenza del bullone tenendo conto dell'area ridotta ed accoppiamento di precisione gualora si volesse realizzare un'unione di guesto tipo
- Materiale elemento: la cornice materiale elemento consente di selezionare il tipo di acciaio dell'elemento. Sono disponibili i valori caratteristici degli acciai S235, S275 ed S355 ma è possibile specificare un materiale diverso selezionando l'opzione altro. Le unità di misura sono i N ed i mm. Se il nodo viene realizzato a partire da un modello di PRO_SAP il tipo di acciaio viene identificato automaticamente dal programma. Questa opzione è comunque modificabile dall'utente
- Materiale flangia e nervature: la cornice materiale elemento consente di selezionare il tipo di acciaio della flangia e delle nervature. Sono disponibili i valori caratteristici degli acciai S235, S275 ed S355 ma è possibile specificare un materiale diverso selezionando l'opzione altro. Le unità di misura sono i N ed i mm. Se il nodo viene realizzato a partire da un modello di PRO_SAP il tipo di acciaio viene identificato automaticamente dal programma che propone lo stesso acciaio utilizzato per il profilo. Questa opzione è comunque modificabile dall'utente
- Applica a tutto il nodo: il comando applica a tutto il nodo consente di applicare le modifiche apportate alle caratteristiche dei bulloni e dei materiali a tutti gli altri elementi presenti nel nodo
- *Applica a...*: il comando applica a... consente di applicare le modifiche apportate alle caratteristiche dei bulloni e dei materiali anche all'altra trave che giace sullo stesso asse di quella in analisi
- Ok: salva le modifiche e chiude la finestra Dati sezione
- Annulla: annulla le modifiche e chiude la finestra Dati sezione

La finestra Dati generali

	Alineaments	Itani	
	(† In asse	ſ	
	← Estrado	590	
nu (ma) (500	C Intedes	80	
nar finiti (pec		-	Nomaliza
	4	a Io	@ D.H. 14/01/200
			C Europetica 3
		10	-
inimo spezio di manovra bul	loni (D) (mm)	190	-C-008-1001
Moltiplicatóri posizióne bulle	mi		
p è molt comple 220 12	5 1100	1 <u>818118161</u>	- Isial Inte
mail minima 2.20 0.00	5 0 20	-	
unitariano fitto feta	1010		
Dianetro di viermento	//		
C balane (*)	099	Ripristina kalo	i e parameti di delault
Nota, i valori delle distanza moltiplicatori e il diametro d	p.eedssio intermento	tengono dal pr	odotto tra i relativi

Utilizzando il comando *Dati generali* si accede alla finestra *Dati generali*. Questa finestra permette di scegliere la normativa con cui eseguire il calcolo e di modificare alcuni dati geometrici del nodo. La finestra contiene i seguenti comandi:

- L: consente di imporre una distanza massima del collegamento dal filo del pilastro. Questa distanza è unica per tutte le travi che concorrono nel nodo. L'unità di misura sono i mm
- Minimo spazio di manovra bulloni: consente di imporre una distanza minima del collegamento dal filo del pilastro. Questa distanza è unica per tutte le travi che concorrono nel nodo. Il minimo spazio di manovra è necessario per la messa in opera del collegamento per consentire di posizionare e stringere i bulloni. Vengono prese in considerazione le seguenti distanze:
 - nel caso di giunto flangiato della trave 2 sulla colonna è individuato dalla distanza minima tra il filo della colonna e il giunto meno lo spessore della piastra
 - nel caso di coprigiunto della trave 3 sulla colonna è individuato dalla distanza interna tra il filo dell'anima della trave e il filo interno dell'ala della colonna
 - nel caso di giunto flangiato o di coprigiunto della trave 3 sulla trave 2, è individuato dalla distanza tra il filo interno dell'ala della trave 3 quello esterno dell'ala della trave 2

L'unità di misura sono i mm

- Allineamento travi: questa cornice consente di assegnare un filo alle travi. Di default gli elementi nel collegamento vengono modellati in asse ma è possibile specificare che vengano posti con allineamento all'intradosso od all'estradosso. Questa scelta ha effetto sulle verifiche perché si modificano le azioni agenti sul collegamento
- Normativa: la cornice normativa consente di scegliere la normativa a cui riferirsi per le verifiche di sicurezza nel nodo. È possibile scegliere tra il DM2008, l'Eurocodice 3 e le CNR10011 per il calcolo alle tensioni ammissibili
- Moltiplicatori posizione bulloni: in questa cornice è possibile specificare i moltiplicatori del diametro di riferimento per il calcolo della reciproca distanza minima tra due bulloni e dei bulloni dal bordo della piastra. Di default sono impostati i valori imposti dal DM2008. È anche possibile specificare se la lunghezza di riferimento sia il diametro del bullone od il diametro del foro
- *Ripristina valori e parametri di default*: annulla le modifiche e torna ai valori di default di *PRO_CAD Nodi acciaio*

- Ok: salva le modifiche e chiude la finestra Dati sezione
- Annulla: annulla le modifiche e chiude la finestra Dati sezione

I comandi per la gestione dei giunti



I comandi di gestione dei giunti sono contenuti all'interno delle cartelle relative ai vari elementi. Possono essere previsti collegamenti di diversa tipologia per ogni elemento che concorre nel nodo. I comandi disponibili variano a seconda del tipo di collegamento selezionato.



- *File di bulloni zona superiore B1*: permette di impostare il numero di file di bulloni poste al di sopra del profilo. Nel caso sia necessario la flangia verrà automaticamente prolungata oltre l'ala superiore del profilo.
- *File di bulloni zona superiore B2*: permette di impostare il numero di file di bulloni poste tra le ali del profilo. Il numero massimo di bulloni che è possibile inserire dipende dai limiti imposti dalla normativa selezionata sulle distanze reciproche tra bulloni e tra il bullone ed il bordo della piastra.
- *File di bulloni zona superiore B3*: permette di impostare il numero di file di bulloni poste al di sotto del profilo. Nel caso sia necessario la flangia verrà automaticamente prolungata oltre l'ala inferiore del profilo.
- Numero bulloni per fila: modifica il numero di bulloni presenti in ogni fila.
- Spessore piastra: spessore della piastra metallica. L'unità di misura sono i mm.

- Spessore dei cordoni di saldatura: permette di impostare lo spessore dei cordoni della saldatura del profilo alla flangia.
- Spessore nervature: se sono presenti nervature in questa casella è possibile impostarne lo spessore.
- Distanza L da filo elemento: consente di specificare la distanza dell'unione dal filo della colonna.
- Edita geometria unione: permette di accedere alla finestra Disposizione dei bulloni (vedi paragrafo Edita geometria unione).

Collegamento con coprigiunti



- File di bulloni ala B1: permette di impostare il numero di file di bulloni poste sul coprigiunto d'ala in direzione longitudinale all'asse della trave. Il numero massimo di bulloni che è possibile inserire dipende dai limiti imposti dalla normativa selezionata sulle distanze reciproche tra bulloni e tra il bullone ed il bordo della piastra
- *File di bulloni anima B2*: permette di impostare il numero di file di bulloni poste sul coprigiunto d'anima in direzione longitudinale all'asse della trave. Il numero massimo di bulloni che è possibile inserire dipende dai limiti imposti dalla normativa selezionata sulle distanze reciproche tra bulloni e tra il bullone ed il bordo della piastra
- *Numero bulloni per fila ala B3*: permette di impostare il numero di file di bulloni poste sul coprigiunto d'ala in direzione trasversale all'asse della trave. Il numero massimo di bulloni che è possibile inserire dipende dai limiti imposti dalla normativa selezionata sulle distanze reciproche tra bulloni e tra il bullone ed il bordo della piastra
- *File di bulloni per fila anima B4*: permette di impostare il numero di file di bulloni poste sul coprigiunto d'anima in direzione trasversale all'asse della trave. Il numero massimo di bulloni che è possibile inserire dipende dai limiti imposti dalla normativa selezionata sulle distanze reciproche tra bulloni e tra il bullone ed il bordo della piastra
- Spessore coprigiunti d'anima: consente di variare lo spessore del coprigiunto d'anima. L'unità di misura sono i mm
- Spessore coprigiunti d'ala: consente di variare lo spessore del coprigiunto sull'ala. L'unità di misura sono i mm
- Spessore dei cordoni di saldatura: permette di impostare lo spessore dei cordoni della saldatura del profilo alla flangia
- Distanza L da filo elemento: consente di specificare la distanza dell'unione dal filo della colonna.
- Coprigiunti d'ala anche all'interno: permette di inserire o meno un coprigiunto anche all'interno dell'ala della trave

Collegamento con squadrette



- *File di bulloni sistema principale B1*: permette di impostare il numero di file di bulloni sul lato dell'elemento continuo in direzione trasversale all'asse della trave
- Colonne di bulloni sistema principale B2: permette di impostare il numero di colonne di bulloni sul lato dell'elemento continuo in direzione trasversale all'asse della trave
- *File di bulloni sistema secondario B3*: permette di impostare il numero di file di bulloni sul lato dell'elemento secondario in direzione parallela all'asse della trave
- Colonne di bulloni sistema secondario B4: permette di impostare il numero di colonne di bulloni sul lato dell'elemento secondario in direzione parallela all'asse della trave
- *Profilo delle squadrette*: consente di modificare il profilo della squadretta. Cliccando sul nome del profilo è possibile accedere alla finestra *Dati sezione*
- Edita geometria unione: permette di accedere alla finestra Disposizione dei bulloni (vedi paragrafo Edita geometria unione)

Edita geometria unione

Il comando *Edita geometria unione* consente di accedere ella finestra *Disposizione dei bulloni* per la modifica della geometria del giunto in analisi. La finestra contiene comandi differenti a seconda che si stia progettando un collegamento flangiato od un collegamento con squadrette.



Collegamento flangiato

- Finestra grafica: visualizza gli elementi che compongono l'unione e le quote. Consente anche di . modificare la posizione dei bulloni
- Modifica distanze: questa cornice si attiva cliccando su un bullone nella finestra grafica e permette di • modificare le distanze dello stesso dal bordo della piastra. Dist.1 è la distanza dei bulloni dal lembo inferiore o destro (a seconda dei casi). Dist.2 è la distanza dei bulloni dal lembo superiore o sinistro (a seconda dei casi). Conferma convalida lo spostamento effettuato, Annulla ripristina la configurazione originale
- Geometria flangia: questo riguadro consente di modificare le dimensioni della flangia
- Definizione schemi distributivi dei bulloni: sono tre comandi di definizione rapida per definire la



distribuzione dei bulloni sulla flangia

- Salva immagine: esporta l'immagine visualizzata nella finestra grafica del menù Disposizione dei . *bulloni* in un file formato bitmap (.bmp)
- Ok: salva le modifiche e chiude la finestra Disposizione dei bulloni •
- Annulla: annulla le modifiche e chiude la finestra Disposizione dei bulloni •



- Finestra grafica: visualizza gli elementi che compongono l'unione e le quote. Consente anche di modificare la posizione dei bulloni. Contiene i comandi sistema principale e sistema secondario che consentono di visualizzare la sezione del collegamento sull'elemento continuo e quella sull'elemento secondario
- Modifica distanze: questa cornice si attiva cliccando su un bullone nella finestra grafica e permette di . modificare le distanze dello stesso dal bordo della piastra. Dist.1 è la distanza dei bulloni dal lembo inferiore o destro (a seconda dei casi). Dist.2 è la distanza dei bulloni dal lembo superiore o sinistro (a seconda dei casi). Conferma convalida lo spostamento effettuato, Annulla ripristina la configurazione originale
- Geometria unione: questo riguadro consente di modificare le dimensioni della squadretta e la sua . posizione rispetto al baricentro del collegamento
- Salva immagine: esporta l'immagine visualizzata nella finestra grafica del menù Disposizione dei *bulloni* in un file formato bitmap (.bmp)
- Ok: salva le modifiche e chiude la finestra Disposizione dei bulloni •
- Annulla: annulla le modifiche e chiude la finestra Disposizione dei bulloni .

Collegamento con coprigiunti

Controventi



La cartella *Controventi* permette di inserire e rimuovere elementi di controventatura tra travi e colonne che compongono il collegamento. Se il nodo viene progettato a partire da PRO_SAP il programma inserisce automaticamente i controventi presenti nel modello. La cartella *Controventi* permette inoltre di definire le sezioni ed il materiale degli elementi di controventatura. Sono disponibili i seguenti comandi:

- Cornice Colonna ÷ Trave 2-2: consente di inserire i controventi tra la colonna e la trave parallela all'asse locale 2
- Cornice Colonna ÷ Trave 3-3: consente di inserire i controventi tra la colonna e la trave parallela all'asse locale 3
- Cornice Trave 2-2 ÷ Trave 3-3: consente di inserire i controventi tra la trave parallela all'asse locale 2 e quella parallela all'asse locale 3
- Selezione controvento: consente di scegliere un controvento per editarne le proprietà tra quelli inseriti nel nodo
- Profilo: consente di accedere alla finestra Dati sezione controvento dalla quale è possibile modificare la sezione del controvento scegliendola dall'archivio dei profili semplici o da quello dei profili accoppiati
- Proprietà: consente di accedere alla finestra Dati materiale controvento dalla quale è possibile impostare la classe ed il diametro dei bulloni da utilizzare per collegare il controvento al nodo ed il materiale della piastra metallica
- Geometria unione: consente di accedere alla finestra Geometria unione controvento dalla quale è
 possibile impostare l'inclinazione del controvento rispetto alla colonna, il numero di bulloni da
 utilizzare nella connessione, la distanza del bullone dal bordo del profilo e l'interasse tra due bulloni
 sul controvento



Piastra di base

Per progettare una piastra di base è sufficiente spegnere tutti gli elementi presenti nel collegamento lasciando attivo solamente il check della colonna superiore:

e Carichi Ve	enfica Generafi	le DXF ?			
Tipologia di colleg	parmeinto		Cont I	-	
Trave 2+	NEE 240	Prophysis 10	0.00		
Trave 2	HER 240	Popula at	<u>.</u>		
Trave 3+	IFE 190	Proprieto Iz			/
Trave 3.	195.110	Popleks	0		
🖓 Col Sup 🔄	HEB 240	Piopialà a	~		-
Col Inf	HEE 340	Pippreto a	20		1
Colorine Contro & Flangia	venti Ancoraggio - Coorigiuni P1	enervature C Squadadin	87- 1 0	84 Q	0
Colorine Contro @ Flangia	venti Ancoraggie I Coorigiuni	l survaure († Sguadelle	81-	8,4	-
Colorine Contro (& Flangia File di bullori ao File di bullori ao	verti Ancoraggio Coorigiuni rea superiore B1 rea centele B2	enervature C Squadedin T <2 3 <2	87- 19	84 9 1	0
Colorina Contro	venti Ancoraggio	e nervature F Siguadadur T c 2 Siguadadur T c 2 Siguadadur T c 2 Siguadadur T c 2 Siguadadur T c 2 Siguadadur	81-D	84 Q	0
Colorina Contro	verti Ancoraggio P Coprignation na superiore B1 na centrale B2 na inferiore B3 oni esteme B4	e nervature	81- 0 82- 0	<u>84</u>	0
Colorne Contro (* Flangis File di bullori so File di bullori so File di bullori so Colorne di bullo Colorne di bullo	venti Ancoraggio (e nervature 1 Siguard = Unit 3 C Siguard = Unit 2 C Siguard = Unit 3 C Siguard = Unit 2 C Siguard = Unit 3 C Siguard =	81-10 01 82-0	<u>E4</u>	0
Colorna Contro	venti Ancoraggio (Coorigitani ma superiore B1 ma centrale B2 ma inferiore B3 mi esterne B4 mi inferne B5 o jimul	e nervature F Sigurd addin T C 2 C Sigurd addin C Sigurd	81-0 82-0 83-0	<u>84</u>	0
Colorma Contro	verti Ancoraggio (P Coorigitani) ma superiore B1 ma operiore B2 ma inferiore B3 oni esteme B4 oni inferiore B5 o (mm) ostioni di saldat. Imm	e nervature T Sigurd Hin T C	81- 0 82- 0 83- 0		0
Colorma Control (* Flangis File di bullori so File di bullori so File di bullori so Colorne di bulk Colorne di bulk Spessore piasti Spessore dei co	venti Ancoraggio (Coorigitani ana superiore B1 ana centrale B2 ana inferiore B3 ani esteme B4 ani inferiore B5 o (mm) ordoni di saldat (mm)	enervature	81-0 82-0 83-0 4		0 0 0

Quando si progetta una piastra di base con *PRO_CAD Nodi acciaio* risulta attivo solamente il comando per generare un giunto flangiato. La finestra grafica, la cornice *Tipologia di collegamento*, il comando *Dati generali* restano invariati. Si modifica solamente la parte relativa alla gestione dei giunti che presenta i seguenti comandi, necessari all'introduzione e modifica dei dati geometrici e dei materiali della piastra di base:

🗭 Flangia 🦵 Coprigiunti	C Sq	uadrette		B4	
File di bulloni zona superiore B1	1	< >	B1-0	0	•
File di bulloni zona centrale B2	3	()			
File di bulloni zona inferiore B3	1	< >	B2- 0		
Colonne di bulloni esterne B4	2	< >	.04.1.0		
Colonne di bulloni interne B5	3	< >			
Spessore piastra (mm)	16	< >	B3- •	0	•
Spessore dei cordoní di saldat. (mm)	9	< >		B5	
Spessore nervature verticali (mm)	17	< >	•		•
Spessore nervature orizzontali (mm)	17	<>	Edita	geometria unic	one

Cartella Colonna

- *File di bulloni zona superiore B1*: permette di impostare il numero di file di bulloni poste al di sopra del profilo
- *File di bulloni zona superiore B2*: permette di impostare il numero di file di bulloni poste tra le ali del profilo. Il numero massimo di bulloni che è possibile inserire dipende dai limiti imposti dalla normativa selezionata sulle distanze reciproche tra bulloni e tra il bullone ed il bordo della piastra
- File di bulloni zona superiore B3: permette di impostare il numero di file di bulloni poste al di sotto del profilo
- Colonne di bulloni esterne B4: modifica il numero di colonne di bulloni all'esterno del profilo
- Colonne di bulloni interne B5: modifica il numero di colonne di bulloni all'interno del profilo
- Spessore piastra: spessore della piastra metallica. L'unità di misura sono i mm
- Spessore dei cordoni di saldatura: permette di impostare lo spessore dei cordoni della saldatura del profilo alla flangia
- Spessore nervature verticali: se sono presenti nervature in questa casella è possibile impostare lo spessore di quelle verticali
- Spessore nervature orizzontali: se sono presenti nervature in questa casella è possibile impostare lo spessore di quelle orizzontali
- Barra di scorrimento: la barra di scorrimento permette di aggiungere e rimuovere le nervature. Spostandola a sinistra non sarà presente nessuna nervatura, a destra ci saranno sia le nervature verticali che quelle orizzontali, al centro saranno presenti solo le nervature verticali
- Edita geometria unione: permette di accedere alla finestra Disposizione dei bulloni (vedi paragrafo Edita geometria unione)

Cartella Controventi

I comandi disponibili nella cartella controventi sono gli stessi che si trovano per un normale collegamento flangiato. Fare riferimento al paragrafo *Controventi*.

Cartella Ancoraggio e nervature



- Lunghezza tirafondi: permette di impostare la lunghezza di progetto dei tirafondi.
- Lunghezza minima: permette di impostare la lunghezza minima dei tirafondi espressa in numeri di diametri degli stessi.
- Rck calcestruzzo: resistenza caratteristica cubica a compressione del calcestruzzo della fondazione.
- Spessore dima: modifica lo spessore della dima.
- Distanza piastra-dima: fissa la distanza minima della dima dalla piastra.
- *Nervature verticali*: all'interno della cornice *Nervature verticali* è possibile modificare la geometria delle nervature verticali.
- *Nervature orizzontali*: all'interno della cornice *Nervature orizzontali* è possibile modificare la geometria delle nervature orizzontali.

• *Barra di scorrimento*: la barra di scorrimento verticale permette di modificare il tipo di tirafondi da utilizzare. A seconda del tipo di tirafondi selezionato potrebbero apparire ulteriori opzioni. Sono disponibili le tipologie riportate nelle immagini sottostanti.

Tirafondi con uncir	ni e bolzoni
	Diametro bolzoni (mm) 15
	Nota: la lunghezza dei tirafondi comprende l'uncino Lu=215mm (terminale L=4D e arco R=3D, con D diametro barre) ed il tratto rettilineo precedente Lr=385mm.
l'irafondi a martello	con traverse
<u> </u>	Spessore piastre martello (mm) 15
	Lunghezza piastre martello (mm) 120
- 36	Profilo traverse UPN 30x15 <>
- U	Acciaio traverse S235 <>
	te saldate
firafondi con roset	
Firafondi con roseti	Spessore rosette (mm)
firafondi con roset	Spessore rosette (mm)

Assegnazione dei carichi agli elementi del nodo

Il menù *Carichi* consente di accedere alla tabella che riporta le sollecitazioni agenti sul nodo. È disponibile una tabella per ogni elemento strutturale che compone il nodo in analisi ed è possibile sia visualizzare che modificare i valori. Se il collegamento viene generato a partire da un modello di *PRO_SAP* le sollecitazioni vengono automaticamente importate.

Il menù è suddiviso in due parti: quella superiore riporta le sollecitazioni riguardanti gli elementi trave e pilastro, quella inferiore riporta le sollecitazioni relative ai controventi.

Per visualizzare la tabella delle sollecitazioni è sufficiente fare clic su uno dei comandi riportati di seguito:

- Trave 2+
- Trave 2-
- Trave 3+
- Trave 3-
- Colonna Superiore

Canchi Verifica	Genera file DXF
Trave 2+	
Trave 2-	
Trave 3+	
Trave 3-	
Colonna Sup	eriore
Colonna Infe	riore
Col. Sup T	sve2+
Col. Sup T	/21e.2-
Col Br#. + Tsa	nie Z+
Cost. inf. = Tra	n@ 2-
Col. Sup. + Te	give3+
Col. Sup T	rive 2-
Coll Inf. + The	nre 3+
Cot. Int. + Tra	not It-
Trave 2+ - To	ave 3+
Trace 2+ + T	1000 31
Trave 2- + Tr	ave 3*
Trave 2 - To	2002-

- Colonna Inferiore
- Col. Sup. ÷ Trave 2+
- Col. Sup. ÷ Trave 2-
- Col. Inf. ÷ Trave 2+
- Col. Inf. ÷ Trave 2-
- Col. Sup. ÷ Trave 3+
- Col. Sup. + Trave 3-
- Col. Inf. ÷ Trave 3+
- Col. Inf. ÷ Trave 3-
- Trave 2+ ÷ Trave 3+
- Trave 2+ ÷ Trave 3-
- Trave 2- ÷ Trave 3+
- Trave 2- ÷ Trave 3-
- Nella finestra *Sollecitazioni* sono riportate le seguenti componenti di sollecitazione relative alla trave o al pilastro di riferimento:
 - o nelle *righe* i valori di sollecitazione relativi alle varie combinazioni e ai vari nodi di riferimento.
 - nella *prima colonna* il numero della combinazione di carico e il nodo di riferimento, il primo numero rappresenta la combinazione e il secondo il nodo di riferimento.
 - nella seconda colonna la tipologia di combinazione definita; facendo clic con il tasto destro del mouse all'interno della casella è possibile definire o modificare la tipologia scegliendo tra quelle disponibili: *T. Amm.* e *SLU*.
 - o nella *terza colonna* i valori del taglio relativi all'asse locale 2.
 - o nella quarta colonna i valori del taglio relativi all'asse locale 3.
 - o nella quinta colonna i valori dello sforzo normale.
 - o nella sesta colonna i valori del momento flettente per rotazione attorno all'asse locale 2.
 - o nella settima colonna i valori del momento flettente per rotazione attorno all'asse locale 3.
 - o nella *ottava colonna* i valori del momento torcente.

Cmb . Nodo	Tipo Comb.	V 2-2 (daN)	V 3-3 (daN)	N (daN)	M 2-2 (daN cm)	M 3-3 (daN cm)	T (daN cm)	-
1.3	SLU	848.75	-71.35	164.41	9810.05	-48890.00	152.52	
2.3	SLU	820.35	-70.42	161.01	9656.98	-47410.00	150.70	
3.3	SLU	698.00	-59.73	141.20	8471.86	-40270.00	89.34	
4.3	SLU	669.60	-58.80	137.80	8318.79	-38790.00	87.52	
5.3	SLU	842.95	-67.85	140.98	8901.44	-49340.00	162.48	
6.3	SLU	814.55	-66.93	137.58	8748.37	-47860.00	160.66	
7.3	SLU	742.89	-71.05	160.65	9697.52	-43440.00	199.79	
8.3	SLU	714.49	-70.12	157.25	9544.46	-41960.00	197.97	
9.3	SLU	711.17	-74.50	140.07	9646.46	-41140.00	153.36	
10.3	SLU	682.77	-73.57	136.67	9493.39	-39660.00	151.54	
1.31	SLU	588.29	-201.24	-95.03	11900.00	-31350.00	-56.90	
2.31	SLU	563.78	-197.82	-93.28	11710.00	-30120.00	-58.50	
3.31	SLU	496.97	-177.85	-80.74	10560.00	-27400.00	-62.18	
4 . 31	SLU	472.46	-174.43	-78.99	10370.00	-26170.00	-63.78	•
lumero Comb. di	Carico 20	< >		Impo	orta	OK	Annulla	

- *Numero combinazioni di carico*: consente di aggiungere od eliminare le combinazioni di carico, agendo direttamente sul contatore delle combinazioni
- Importa: consente il caricamento delle sollecitazioni tramite un file di tipo *.azn (vedi paragrafo Inserimento e modifica dei valori di sollecitazione)
- Ok: salva le modifiche e chiude la finestra Sollecitazioni
- Annulla: annulla le modifiche e chiude la finestra Sollecitazioni

I valori riportati nella tabella possono essere inseriti o modificati cliccando con il tasto sinistro del mouse all'interno della casella di riferimento ed inserendo il valore desiderato; per confermare la modifica è necessario fare un secondo clic all'esterno della casella.

Importare le azioni da file di testo

È possibile importare le combinazioni per eseguire le verifiche da un file esterno in formato *.azn*. È possibile ottenere un file *.azn* con le sollecitazioni direttamente da *PRO_SAP*: nel contesto di *assegnazione dati di progetto* bisogna accedere alla *finestra di controllo generale* con il comando *Controlla*. Quindi si deve utilizzare il comando *Genera esecutivi* ► *Esporta azioni*; apparirà una finestra di dialogo che indica il percorso in cui è stato salvato il file .azn.

Se non si ha a disposizione un modello di *PRO_SAP* è possibile generare un file *.azn* con un qualunque editor di testo (per esempio il *Blocco note* di *Microsoft Windows*).

Il file deve essere composto nel seguente modo:

- La *prima colonna* contiene il numero della combinazione di carico.
- La seconda colonna contiene un codice che individua il tipo di combinazione:

Tipo di combinazione	Codice
Tensioni ammissibili	0
Stati Limite Ultimi	1
Stati Limite di Esercizio - rara	2
Stati Limite di Esercizio - frequente	3
Stati Limite di Esercizio - permanente	4
SLU Accidentali per la resistenza al fuoco	5
Stati limite di Danno	6
Pushover	7
SLU A1(Terreno per DM 2005)	8
SLU A2(Terreno per DM 2005)	9
SLU Galleggiamento (Terreno)	10

- La terza colonna contiene N
- La *quarta colonna* contiene V2
- La quinta colonna contiene V3
- La sesta colonna contiene T
- La settima colonna contiene M2
- L'ottava colonna contiene M3

11	0 -1.069e+04	-679.39	55.31	-1.15	9439.49	-1772.84
2	0 -1.089e+04	-585.50	53.84	0.31	9814.01	-9286.73
3	0 -1.050e+04	-773.28	56.78	-2.62	9064.96	5741.04
4	0 -1.062e+04	-685.87	69.03	5.45	6078.42	-1170.03
5	0 -1.077e+04	-672.91	41.59	-7.76	1.280e+04	-2375.6
6	0 -7651.75	-462.29	92,59	5.03	1808.69	-1104.9

Esecuzione delle verifiche e stampa della relazione di calcolo

Il comando *Verifica* consente di accedere alla finestra *Opzioni di verifica* che riporta e consente di modificare i parametri con cui eseguire le verifiche e le opzioni per la generazione della relazione di calcolo.

Se i collegamenti sono stati generati con il comando **Contesto > Generazione esecutivi > Esecutivi collegamenti acciaio** il programma individua automaticamente i nodi simili per geometria ed esegue contestualmente le verifiche per tutto il gruppo di nodi. Nell'intestazione della relazione di calcolo verranno indicati esplicitamente tutti i nodi per cui è valida la relazione.
Opzioni relazione	
Tipo relazione	l 🗌 Lingua
C Completa C Compatta	
🔽 Inserisci immagini giunti	🔽 Inserisci immagine nodo
- Posizione immagini giunti	
Distribuisci nella relazione C	* Raccogli in fondo alla relazione
Metodo di calcolo del momento resist	ente dei giunti flangiati
 Calcolo eseguito rispetto al barice flangia (funzione della combinazio 	entro della zona compressa della ene di carico)
 Calcolo eseguito rispetto al barice o del lato (per profili tubolari quadri 	entro dell'ala (per profili a doppio T) rati) in compressione
/erifiche di sovraresistenza per CMB	sismiche
/erifiche di sovraresistenza per CMB Verifica collegamenti controventi	sismiche (formula (7.5.2))
/erifiche di sovraresistenza per CMB Verifica collegamenti controventi Verifica collegamenti elementi (for	sismiche (formula (7.5.2)) rmula (7.5.12) o (7.5.13)]
/erifiche di sovraresistenza per CMB Verifica collegamenti controventi Verifica collegamenti elementi (foi Completo ripristino	sismiche [formula (7.5.2]] rmula (7.5.12) o (7.5.13]]
/erifiche di sovraresistenza per CMB ☐ Verifica collegamenti controventi ☐ Verifica collegamenti elementi [foi 	sismiche [formula (7.5.2]] rmula (7.5.12) o (7.5.13]] jiunti
/erifiche di sovraresistenza per CMB Verifica collegamenti controventi Verifica collegamenti elementi (for Completo ripristino Verifica a completo ripristino dei g Moltiplica i valori di resistenza per	sismiche
/erifiche di sovraresistenza per CMB Verifica collegamenti controventi Verifica collegamenti elementi [for Completo ripristino Verifica a completo ripristino dei g Moltiplica i valori di resistenza per Coefficienti di sicurezza	sismiche
/erifiche di sovraresistenza per CMB Verifica collegamenti controventi Verifica collegamenti elementi [for Completo ripristino Verifica a completo ripristino dei g Moltiplica i valori di resistenza per Coefficienti di sicurezza γ _{M0} 1.05 γ _{M1} 1.10 γ _M	sismiche [formula (7.5.2)] mula (7.5.12) o (7.5.13)] jiunti (7 _{Rd} = 1.1) (7 _{Rd} = 1.1) <u>Valori di default</u>

Comandi per la gestione della relazione di calcolo

- Tipo relazione: consente di scegliere tra le opzioni Completa che riporta in relazione tutti i calcoli effettuati e Compatta che genera una relazione più breve perché riporta solo le informazioni più significative.
- Lingua: consente di scegliere la lingua nella quale generare i testi della relazione.
- Inserisci immagini giunti: se attiva, quest'opzione consente di inserire in relazione le immagini dei giunti.
- *Inserisci immagine nodo*: se attiva, quest'opzione consente di inserire in relazione le immagini del nodo.
- *Posizione immagine giunti*: consente di indicare in che posizione della relazione di calcolo inserire le immagini del collegamento. È possibile scegliere tra immagini distribuite nel corpo della relazione ed immagini raccolte in fondo alla relazione.

Comandi per l'esecuzione delle verifiche del collegamento

- *Metodo di calcolo del momento resistente dei giunti flangiati*: questa cornice permette di scegliere se calcolare il momento resistente del giunto flangiato rispetto al baricentro della zona compressa della flangia o rispetto al baricentro dell'ala o del lato compresso del profilo.
- Verifica collegamenti controventi (formula 7.5.2): consente di considerare i controventi come zone dissipative e quindi di eseguire le verifiche implementando un criterio di gerarchia delle resistenze secondo la formula 7.5.2 del paragrafo 7.5.3.3 del DM2008. È obbligatorio attivare questa opzione se è stato scelto un fattore di struttura q > 1.
- Verifica collegamenti elementi (formula 7.5.12 o 7.5.13): consente di eseguire le verifiche di un nodo trave-colonna o colonna-fondazione implementando un criterio di gerarchia delle resistenze secondo

le formule 7.5.12 e 7.5.13 del DM2008. È obbligatorio attivare questa opzione se è stato scelto un fattore di struttura q > 1.

- Verifica a completo ripristino: consente di verificare i giunti a completo ripristino, cioè di prendere a
 riferimento non le sollecitazioni derivanti dall'analisi della struttura ma le resistenze dei singoli
 elementi che concorrono nel nodo. La verifica si intenderà soddisfatta se la resistenza del giunto
 risulta maggiore della resistenza degli elementi collegati
- Moltiplica i valori di resistenza per γ_{Rd}: nel caso sia attiva l'opzione verifica a completo ripristino questa opzione consente di incrementare la resistenza degli elementi che concorrono nel nodo per un fattore di sicurezza γ_{Rd}
- Coefficienti di sicurezza: questa cornice consente di personalizzare i coefficienti di sicurezza utilizzati nelle verifiche. Di default sono impostati i valori imposti nel DM2008
- Valori di default: ripristina i valori di default dei coefficienti di sicurezza
- *Tipo di verifica*: consente di scegliere tra le verifiche agli stati limiti (eseguite in base alle disposizioni del DM2008) e verifiche alle tensioni ammissibili (eseguite in base alle CNR 10011)
- Verifica: lancia la verifica del nodo e consente di accedere alla relazione di calcolo



La normativa prevede che per le strutture dissipative si implementi un criterio di gerarchia delle resistenze anche per le verifiche dei nodi. Nel caso il progettista abbia scelto questo approccio e nel modello di PRO_SAP abbia impostato un fattore di struttura q > 1, si deve anche assicurare di attivare le verifiche per i collegamenti delle strutture dissipative.

La finestra Verifica

Utilizzando il comando *Verifica* il programma esegue le verifiche di resistenza del collegamento e genera automaticamente la relazione di calcolo che appare a video nella finestra *Verifica*.

Nell'intestazione della relazione di calcolo vengono riportate le normative utilizzate ed il nodo (od i nodi) verificati. Per maggiore chiarezza per ogni verifica eseguita sono esplicitate le formule che sono state utilizzate nei calcoli.

							E
Coefficien	nti di sicurez	za utilizzati					
740 = 1,05							
just = 1,10							
744 = 1.25							
Trave late	0 (PE 330						
Materiale: A Classe sezi	iccialo 5275 § one: 1	- 275 N/mm ³ 4 -	430 N/mm ²	3Ra = 1.15			
Elangia. Materiale: A Dimensioni	icciaio S276 (j (B × H × Sp): 1	= 275 Nimm ¹ § = 60.0 × 330.0 ± 16.0	430 M/mm ²) mm	yan = 1,15			
Bullionature Viti el. II. II. Diametro Ø Diametro for	Oandi8 (i∳n = = 15 mm An m 8c = 17 mm	643 W/mm², fg.= a = 156,8 mm² (rd	800 N/mm²) lotta per filett	i atura)			
Soliecitazio	ni nella sazioni	d'attacco delleter	WITO.				
Nodo CMB 67.2	V2 (N) 122910,0	V3 [N] 0.6	N [N] 2065.9	M2 (N mm) 2,3	MS [N mm] -123366000,1	T [N mm] -31.0	
Calcolo res	sistenze						
Haciston	a a trazisne de	bulloni		Fight = 0.9 + fa + .	Anno / 1982 =	90233.1 N	
Law of the Law of	a a punzoname	nto flangia		Bar Rat = 0.6 + 1 + 1	des + fr + fac) yag =	248595.1 11	
Resistenza		nto ala pessante		B _{10,80} = 0,6 + ± +	don + to + for / yes =	280491,0 //	
Resistenza Resistenza	a a punzonami						

La finestra Verifica dispone dei seguenti comandi:

- Salva relazione: salva la relazione di calcolo in un file in formato *.rtf
 - Chiudi: chiude la finestra Verifica

Nel caso *PRO_CAD nodi acciaio* sia stato avviato a partire da un modello di *PRO_SAP* è possibile fare in modo che la relazione di calcolo dei collegamenti sia automaticamente allegata in calce alla relazione di

calcolo della struttura. fare questo è sufficiente salvare la relazione nella sottocartella *appendice_testi* contenuta nella cartella *rel* presente nella cartella *data* del modello.

Generazione del disegno esecutivo

Il comando *Genera file DXF* consente di accedere alla finestra *Disegno DXF* dalla quale è possibile impostare le opzioni per la generazione del disegno esecutivo del nodo.

NGD_67.NV6	Aggiungi >>	NOD_67.NV6
	<< Rimuovi	
	Aggiungi tutti >> Rimuovi tutti</th <th></th>	
	Disegna i tirafor di lunghezza ma	ndi ''ridotti'' se 500 aggiore di (mm)
PIASTRE	Selezione viste	Altezza testi
SEZIONE	Visto Istorali nod	
TITOLI 🚺	Viste laterali nou	· ☑ Vista lato 2-
СОМРИТО		1. Hold Idio E
COMPOTO	TT 12010 1000 20	F7 Mar. 1 M. 2
	RETINI PIASTRE SEZIONE	Aggiungi tutti >> / / / RETINI PIASTRE SEZIONE TITOLI Viste laterali nod Viste laterali nod Vista lato 24

La finestra contiene i seguenti parametri:

- *File dati disponibili*: la cornice contiene i file dei collegamenti già calcolati (estensione *.nv6); i file di cui si desidera il disegno esecutivo devono essere spostati nella cornice dei *File dati per generazione DXF* tramite gli appositi comandi *Aggiungi >>* e *Aggiungi tutti >>*.
- *File dati per generazione DXF*: la cornice contiene i nodi di cui sarà generato il disegno esecutivo. Il gruppo di nodi presenti in *file per la generazione del DXF* formeranno un unico disegno in formato *.dxf. Se si desidera rimuovere un collegamento da questa lista è sufficiente utilizzare gli appositi comandi << *Rimuovi* o << *Rimuovi* tutti.
- *Colore LAYER*: in questa cornice è possibile definire i colori da assegnare ai vari layer degli elementi che compongono il disegno esecutivo.
- *Disegna tirafondi "ridotti"*: se attiva, i tirafondi vengono disegnati nel file .dxf di una dimensione inferiore a quella reale qualora superassero la lunghezza indicata nella casella di testo. L'unità di misura sono i mm.
- Selezione viste: questa cornice consente di indicare quante e quali viste riportare per ogni nodo che verrà incluso nel disegno esecutivo.
- *Altezza testi*: questa cornice consente di specificare l'altezza dei caratteri dei testi presenti sull'esecutivo. In particolare, è possibile specificare l'altezza del testo di quote, titoli e testi generici.
- Genera file DXF: avvia la generazione del file formato .dxf contenente il disegno esecutivo dei nodi.
- Esci: chiude la finestra Disegno DXF.
- ?: il comando ? consente di accedere alla finestra con i dati sulla versione di PRO_CAD Nodi acciaio.

Capitolo 21

Generazione degli esecutivi delle strutture in acciaio

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la verifica e la generazione dei disegni delle strutture e dei collegamenti metallici di strutture piane.

- Esecutivi delle carpenterie delle strutture metalliche
- PRO CAD Disegno acciaio
- Finestra principale di lavoro
- Panoramica dei comandi
- Modellazione della struttura
- Definizione delle caratteristiche degli elementi strutturali
- Progetto e verifica dei nodi delle strutture reticolari
- Generazione del disegno esecutivo

Esecutivi delle carpenterie delle strutture metalliche

Il modulo *PRO_CAD Disegno acciaio* permette la generazione delle carpenterie per le strutture metalliche. Il programma offre inoltre la possibilità di generare automaticamente i collegamenti saldati o bullonati e gli esecutivi degli stessi per le strutture reticolari.

PRO_CAD nodi acciaio può essere attivato partendo da un modello realizzato con *PRO_SAP* ma può anche lavorare in modalità indipendente.

Generazione delle carpenterie delle strutture metalliche a partire da un modello di PRO_SAP

Per ottenere gli esecutivi delle carpenterie di una struttura metallica calcolata con *PRO_SAP* è necessario seguire questa procedura:

- 5. selezionare gli elementi di cui si desidera generare l'esecutivo. È necessario che tutti gli elementi selezionati si trovino sullo stesso piano
- 6. utilizzare il comando: Contesto ► Generazione esecutivi ► Esecutivi carpenterie acciaio.
- 7. automaticamente viene lanciato l'applicativo PRO_CAD Disegno acciaio e vengono trasmessi i dati degli elementi selezionati

PRO_CAD Disegno acciaio in modalità indipendente

Per avviare il modulo *PRO_CAD Disegno acciaio* in modalità indipendente da *PRO_SAP* è necessario utilizzare i seguenti comandi: *Start (Avvio)* ► *Programmi* ► *PRO_SAP PROfessional SAP* ► *Moduli PRO SAP* ► *PRO CAD Acciaio - Disegno strutture*.

PRO_CAD Disegno acciaio

Durante il caricamento viene visualizzata la finestra che riporta i dati di riferimento della versione del programma installato.



Finestra principale di lavoro

Quando si avvia *PRO_CAD Disegno acciaio* la finestra di lavoro principale presenta i comandi necessari per l'introduzione e la modifica dei dati geometrici e di carico della struttura, nonché i comandi per la generazione dei collegamenti saldati e bullonati.

La finestra di lavoro principale contiene:

- La finestra grafica per la visualizzazione della geometria della struttura con i righelli delle quote
- La barra dei menù
- I comandi di gestione della vista e per la selezione degli elementi
- I comandi di generazione e modifica degli elementi strutturali e dei collegamenti

L'illustrazione riportata mostra l'aspetto della finestra principale di lavoro di PRO_CAD Disegno Acciaio:



La barra dei comandi di menù

La barra contiene i seguenti comandi di menù:

File Normativa Dati sezioni Genera dxf Materiali Verifica nodi

Verifica nodi Informazioni

Il contenuto e l'uso dei comandi *Normativa, Dati sezioni, Genera dxf, Materiali* e *Verifica nodi* saranno discussi nei successivi paragrafi del presente capitolo della guida.

File

Il comando File contiene i seguenti controlli:

- Nuovo: avvia un nuovo progetto
- Apri: apre un file precedentemente salvato
- Salva/Salva con nome: salva i dati
- *Preferenze*: attiva il menù *Preferenze* che permette di modificare opzioni come la colorazione della finestra grafica e degli elementi; attivare la numerazione dei nodi e degli elementi; visualizzare la

File	<u>}</u>
	Nuavo
	Apri
	Salva
	Salva con Noma
	Preferenze
	Esci
	1 - DES_9_10.DST
	2 - DE5_73_79.09T
	3 - DES_25_31.DST
	4-06517.05T

direzione delle aste; modificare la visualizzazione dei nodi e selezionare il programma con cui stampare la relazione di calcolo

• Esci: chiude PRO_CAD Disegno acciaio

Informazioni

Il comando *Informazioni* permette di visualizzare la finestra che riporta i dati di riferimento della versione del programma installato.

Panoramica dei comandi

Sulla barra dei comandi presente nella finestra principale di lavoro di *PRO_CAD Disegno acciaio* sono presenti comandi per la gestione della vista, comandi per la gestione della griglia, comandi di selezione, comandi di generazione e modifica degli elementi strutturali, comandi di generazione e modifica dei nodi delle strutture reticolari. Nei paragrafi seguenti è possibile trovare un elenco dettagliato di tutti i comandi che illustra il loro funzionamento.

I comandi per la gestione della vista



- Vista totale: racchiude tutti gli oggetti presenti nella vista rappresentata nella finestra grafica
- Zoom tempo reale: permette di aumentare o diminuire lo zoom cliccando con il tasto sinistro in un punto della finestra grafica e spostando il mouse. È possibile ottenere lo stesso effetto utilizzando lo scroll del mouse: muovendo lo scroll verso l'alto si aumenta lo zoom, verso il basso si diminuisce lo zoom
- *Vista precedente*: ripristina la vista precedente
- Zoom finestra: permette di aumentare lo zoom su una parte di struttura. La parte di struttura di interesse va selezionata disegnando un rettangolo nella finestra grafica
- Pan: permette di traslare la vista tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse e spostando il puntatore

I comandi per la gestione della griglia

- Modifica macro griglia: consente di accedere alla finestra Definizione macro griglia
- Nuova divisione della griglia: consente di aggiungere un asse alla griglia di riferimento. Per aggiungere il nuovo asse è necessario cliccare sul righello che, durante questa operazione, diventerà di colore giallo
- *Elimina suddivisioni della griglia*: consente di eliminare un asse dalla griglia di riferimento. È possibile eliminare un asse solamente se questo non passa per nessun nodo della struttura. Per eliminare l'asse è necessario cliccare sul righello che, durante questa operazione, diventerà di colore giallo
- *Elimina suddivisioni non utilizzate*: consente di eliminare tutti gli assi della griglia di riferimento che non passano per nessuno dei nodi della struttura

La finestra Definizione macro griglia

Definizione macro griglia		-8
Suddivisioni X Numero divisioni X	Suddivisioni Y Numero divisioni Y 13	
Campo n. 🚺 🖌 🔰	Campo n. 🚺 < 🔰	
dX (cm) 100.00 Ok	dY (cm) 10.00 Ok Chiudi	1

La finestra contiene due cornici che hanno comandi analoghi. La prima cornice serve per impostare le suddivisioni della griglia di riferimento in direzione x, la seconda quelle in direzione y. All'interno di ogni cornice è possibile definire il numero di suddivisioni e la lunghezza di ogni singolo campo della griglia in quella direzione.

I comandi di selezione



- Seleziona vicino: permette di selezionare un singolo nodo od un singolo elemento della struttura
- Seleziona box: permette la contemporanea selezione di più elementi tramite un box
- Seleziona tutto: seleziona tutti i nodi e gli elementi della struttura
- Seleziona niente: annulla la selezione degli elementi effettuata
- Seleziona tramite filtro: permette di accedere alla finestra Filtro selezione aste per selezionare gli elementi strutturali tramite dei filtri
- *Alterna*: se attivo, questo comando alterna la selezione dell'elemento: cliccando su un elemento selezionato questo viene deselezionato e viceversa

La finestra Filtro selezione aste

Disposizione aste:	Sezione non influente
🗖 Aste verticali	Materiale non influente
🦵 Aste orizzontali	
Aste obligue	Rotazione non influente
Disposizione non influente	

Tramite la finestra *Filtro selezione aste* è possibile selezionare gli elementi strutturali in base alle loro caratteristiche geometriche e meccaniche. Le opzioni disponibili sono:

- Aste verticali: seleziona tutte le aste verticali
- Aste orizzontali: seleziona tutte le aste orizzontali
- *Aste oblique*: seleziona tutte le aste oblique
- Disposizione non influente: la direzione dell'asta non influisce sulla selezione
- Sezione: seleziona le aste in base alla sezione
- Materiale: seleziona le aste in base al materiale
- *Rotazione*: seleziona le aste in base alla rotazione

I comandi per l'assegnazione delle proprietà agli elementi strutturali

UPN 300 🔍 🔍 🔍	UPN 300	•	0° 👻		100	
---------------	---------	---	------	--	-----	--

- Seleziona profilo: permette di selezionare il tipo di profilo all'interno dell'archivio dei profili in uso
- Angolo: permette di selezionare l'angolo di rotazione del profilo
- Setta proprietà: apre la finestra Setta proprietà
- Assegna proprietà: assegna le proprietà impostate nella finestra Setta proprietà a tutti gli elementi selezionati. È possibile assegnare agli elementi selezionati tutte le proprietà impostate nella finestra Setta proprietà oppure anche una sola delle proprietà modificabili
- Annulla ultima operazione: annulla l'ultima operazione eseguita dall'utente
- Ripeti ultima operazione: ripristina l'operazione precedentemente annullata

La finestra Setta proprietà

	Materia	ile aste:
UPN 300	 Acciai 	o S235 💽
	Material	e piastre:
Rotazione 0°	< > Acciai	o S235 🔄
Assegna	Setta	Chiudi

All'interno della finestra *Setta proprietà* è possibile impostare profilo e materiale da assegnare agli elementi strutturali; il materiale da assegnare alle piastre di collegamento e la rotazione. Il comando *Setta* memorizza le impostazioni, il comando *Assegna* le assegna a tutti gli elementi selezionati, il comando *Chiudi* chiude la finestra.

I comandi di generazione e modifica degli elementi strutturali

- *Nuova asta*: aggiunge un'asta alla struttura selezionata. Gli elementi devono avere i due estremi coincidenti con due nodi della griglia
- *Elimina asta*: elimina tutte le aste selezionate
- *Spezza asta*: spezza le aste selezionate aggiungendo dei nodi in corrispondenza dei punti della griglia per cui passa l'elemento. Non è possibile spezzare l'asta se l'elemento non passa per punti della griglia
- Vedi solido: permette di osservare una vista solida della struttura in analisi
- Distanza tra i profili: permette di interrompere i profili che concorrono nei nodi selezionati allo scopo di creare lo spazio per inserire la piastra per il collegamento. Cliccando sul comando appare la finestra dove è possibile inserire la distanza dal nodo alla quale interrompere il profilo. Inoltre nella stessa finestra è disponibile l'opzione *Non interrompere se allineate e con le medesime caratteristiche* per fare in modo che il programma riconosca automaticamente la continuità degli elementi, per esempio nel caso del corrente superiore od inferiore di una reticolare

I comandi per la modellazione dei nodi delle strutture reticolari

- *Edita nodo*: utilizzando questo comando e cliccando su un nodo già progettato si accede alla finestra *Edita nodo* all'interno della quale è possibile modificare manualmente geometria e materiali della connessione (si veda il paragrafo successivo *La finestra Edita nodo*)
- Copia piastra: con questo comando è possibile copiare una piastra già progettata in un altro nodo della struttura. È necessario selezionare il nodo di destinazione, cliccare sul comando Copia piastra e quindi cliccare sul nodo da cui attingere la piastra già progettata
- Sollecitazioni: utilizzando questo comando è possibile visualizzare le sollecitazioni che agiscono sulle aste che concorrono in un nodo della struttura. Selezionando il comando e cliccando sul nodo di interesse appare la finestra Sollecitazioni che permette di visualizzare e modificare le azioni

Asta	N (daN)	T 2-2 (daN)	T 3-3 (daN)	M 2-2 (daN cm)	M 3-3 (daN cm)	Mt (daN cm)	<u>0</u> K
572	3068.62	94.96	0.00	-6.72	18980.00	0.08	Comb. 1
74	90.31	122.38	0.00	0.00	0.00	0.00	
77	-15.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
73	49.08	122.38	0.00	0.00	0.00	0.00	
570	1079.20	-228.37	0.00	-7.60	-28410.00	0.08	

- Imposta nodi: permette di assegnare la tipologia di connessione a tutti i nodi selezionati. È possibile scegliere tra tre tipologie di connessione: collegamento bullonato, collegamento saldato e giunto flangiato trave-colonna. Si veda il paragrafo Scelta della tipologia di nodo
- Vedi tipologie: attiva la visualizzazione del tipo di nodo progettato con la seguente codifica:
 - 1. collegamento bullonato
 - 2. collegamento saldato
 - 3. collegamento flangiato trave-colonna

Modellazione della struttura

Se si genera l'esecutivo della struttura piana a partire da un modello di *PRO_SAP*, vengono importate automaticamente in *PRO_CAD Disegno acciaio* la geometria, le sezioni ed i carichi presenti sulle aste. Tuttavia *PRO_CAD Disegno acciaio* permette anche la generazione del modello strutturale in modo indipendente da *PRO_SAP* mediante l'utilizzo dei comandi visti nel precedente paragrafo del presente capitolo della guida.

Per la generazione della geometria strutturale è necessario seguire questa procedura:

- 1. avviare un nuovo progetto di PRO_CAD Disegno acciaio
- 2. definire la griglia di base tramite il comando *Modifica macro griglia*. Se necessario modificare la maglia di base con gli altri comandi *Nuova suddivisione* ed *Elimina suddivisione*.



- 3. definire l'archivio delle sezioni da utilizzare nel modello della struttura con il comando *Dati sezioni* (si veda paragrafo successivo *Definizione delle caratteristiche degli elementi strutturali*)
- 4. impostare i materiali da utilizzare nel modello della struttura con il comando *Materiali* (si veda paragrafo successivo *Definizione delle caratteristiche degli elementi strutturali*)
- 5. selezionare nel menù a tendina il profilo da assegnare alla nuova asta
- 6. generare l'asta tramite il comando *Nuova asta*. Il programma esegue automaticamente lo *snap* riconoscendo i nodi della griglia di base. Se necessario modificare il profilo da usare dal menù a tendina prima di generare nuovi elementi e modificare le aste generate con i comandi *Spezza asta* ed *Elimina asta*
- 7. se si vuole progettare i collegamenti per una struttura reticolare interrompere le aste con l'apposito comando *Distanza tra i profili* e definire la tipologia di nodo da realizzare con il comando *Imposta nodi*. Una volta definiti i collegamenti è possibile editare le piastre generate dal programma con il comando *Edita nodo* e la finestra *Edita nodo*
- 8. inserire le sollecitazioni agenti sulle aste che compongono la struttura con il comando Sollecitazioni
- 9. impostare la normativa da utilizzare per le verifiche ed il metodo di verifica con il comando *Normativa*
- 10. lanciare l'esecuzione delle verifiche con il comando *Verifica nodi* ► *Relazione* (si veda il paragrafo successivo *Progetto e verifica dei nodi delle strutture reticolari*)
- 11. lanciare la generazione del disegno esecutivo dei nodi calcolati con il comando *Genera DXF* (si veda paragrafo successivo *Generazione del disegno esecutivo*)

Definizione delle caratteristiche degli elementi strutturali

I comandi *Dati sezioni* e *Materiali* presenti sulla barra dei comandi consentono di definire i profili ed i materiali da utilizzare per il modello della struttura.

Dati sezioni

Questo comando permette di accedere alla finestra *Archivio profili* che contiene l'elenco dei profili in uso per la modellazione in corso.

UPN 300 UPN 280	Nuovo
LU 120x12 HEA 320 2 LIPN 240	Modifica
IPE 330	Elimina
	<u>E</u> sci

La finestra inoltre contiene i seguenti comandi:

- *Nuovo*: consente di aggiungere un profilo all'elenco dei profili in uso attraverso la finestra *Profilatario* (si veda paragrafo *La finestra Profilatario*)
- *Modifica*: apre la finestra *Profilatario* per modificare il profilo selezionato (si veda paragrafo *La finestra Profilatario*)
- *Elimina*: elimina dall'elenco il profilo selezionato. Se il profilo è in uso non è possibile eliminarlo ma è necessario prima rimuovere gli elementi modellati con questo profilo oppure cambiare loro sezione
- Esci: chiude la finestra Archivio profili

La finestra Profilatario

La finestra *Profilatario* contiene i comandi necessari ad introdurre un nuovo profilo nella lista dei profili in uso oppure a modificare le caratteristiche di un profilo già definito.



Sono disponibili i seguenti comandi:

- La cornice profili: questa cornice contiene l'elenco di tutti i profili gestiti da PRO_CAD Disegno acciaio e che è possibile inserire nella lista dei profili in uso per poterli utilizzare nella modellazione delle aste della struttura piana
- La cornice dati profilo: questa cornice riporta il nome e le caratteristiche geometriche del profilo selezionato
- La finestra grafica: nella finestra grafica è riportata la rappresentazione della categoria di profili di cui fa parte il profilo selezionato. Sul disegno del profilo sono riportati gli assi principali e la legenda per interpretare i dati contenuti nella cornice dati profilo
- Profilo semplice/accoppiato: tramite questi due comandi è possibile indicare se il profilo selezionato sarà utilizzato come profilo semplice o se verrà utilizzato come base per formare un profilo accoppiato
- La cornice profili accoppiati: nel caso si sia selezionata l'opzione Profilo accoppiato in questa cornice è possibile specificare la distanza di accoppiamento tra i profili. L'unità di misura sono i mm
- *Ok*: salva le modifiche ed esce dalla finestra *Profilatario*
- Annulla: annulla le modifiche ed esce dalla finestra Profilatario

Materiali

Questo comando permette di accedere alla finestra *Materiali default* che permette di impostare i materiali da utilizzare per i profili che compongono la struttura e per le bullonature dei collegamenti.

Bulon classe G8 Dad G <>	Acciao \$235 🔇 💽
1/6 = 480 N/mm²	lyk = 235 N/mm
Rb = 600 N/nm²	Hk = 360 N/mmt
Г	Genina.Rd=1.20

Progetto e verifica dei nodi delle strutture reticolari

Scelta della tipologia di nodo

PRO_CAD Disegno acciaio è in grado di gestire diversi tipi di collegamento. Attivando il comando *Imposta nodi* è possibile definire la tipologia di collegamento da progettare nei nodi selezionati della struttura. Sono selezionabili tre diverse tipologie di nodo:

- 1. collegamento bullonato
- 2. collegamento saldato

Tipologia nodo		
	 Nodo tipo 1 : TRAVE RETICOLARE COLLEGAMENTO BULLONATO Profili utilizzabili: LU, LD, UPN semplici ed accoppiati. 	
<u>D</u> k Tipologia nodo	Annulla	
	Nodo tipo 2: TRAVE RETICOLARE COLLEGAMENTO SALDATO Profili utilizzabili: LU, LD, UPN semplici ed accoppiati, TUBI.	
<u>k</u>	Annulla	

Una volta decisa la tipologia di collegamento da realizzare nei nodi selezionati della struttura si accede ad un'altra finestra dove impostare le caratteristiche del collegamento per la generazione automatica della piastra. Le opzioni cambiano a seconda del tipo di collegamento selezionato.



Il collegamento flangiato trave-colonna viene verificato solamente secondo le CNR 10011 alle tensioni ammissibili. Per verificare questo tipo di connessione secondo il D.M. 2008 agli stati limite utilizzare il modulo *PRO_CAD Nodi acciaio*.

Collegamento bullonato

Bullonatura		
Diametro (mm)	Numero minimo bulloni	2 <>
🔽 Riduzione area per filettatura	Bulloni classe 6.8 Dadi 6	<u> </u>
🔽 Dimensiona automaticamente la piastra	Spessore piastra (mm)	10
Progetta secondo par. 7.5.3.3 (zone dissipative)	<u> </u>	Annulla

Selezionando il collegamento bullonato si accede alla finestra Bullonatura che contiene le seguenti opzioni:

- Diametro: permette di impostare il diametro dei bulloni
- *Numero minimo bulloni*: permette di impostare il numero minimo di bulloni che collegano l'asta alla piastra
- *Menù a tendina classe bulloni*: permette di scegliere la classe dei bulloni tra quelle previste dalla normativa
- *Riduzione area per filettatura*: selezionando questa opzione le resistenze dei bulloni sono calcolate assumendo un area ridotta per tenere conto della filettatura
- *Dimensiona automaticamente la piastra*: spuntando questa opzione il software dimensiona la piastra automaticamente
- Spessore piastra: permette di impostare lo spessore della piastra. L'unità di misura sono i mm
- Progetta secondo par. 7.5.3.3 (zone dissipative): progetta il collegamento implementando un criterio di gerarchia delle resistenze in accordo al paragrafo 7.5.3.3 del DM2008. È obbligatorio attivare questa opzione se è stato selezionato un fattore di struttura q > 1
- *Ok*: salva le modifiche e genera il collegamento
- Annulla: annulla le modifiche ed esce dalla finestra Bullonatura senza generare il collegamento.

Collegamento saldato

Galdature			
Spessore (mm)	8 <>	Lunghezza min. (mm)	35 < 🏵
🔽 Dimensiona autom	aticamente la piastra	Spessore piastra (mm)	10
Progetta secondo j	par. 7.5.3.3 (zone dissipative)	<u>O</u> k	Annulla

Selezionando il collegamento saldato si accede alla finestra Saldature che contiene le seguenti opzioni:

- Spessore: permette di impostare lo spessore del cordone di saldatura
- Lunghezza minima: permette di impostare la lunghezza minima del cordone della saldatura che collega l'asta alla piastra. L'unità di misura sono i mm
- *Dimensiona automaticamente la piastra*: spuntando questa opzione il software dimensiona la piastra automaticamente
- Spessore piastra: permette di impostare lo spessore della piastra. L'unità di misura sono i mm
- Progetta secondo par. 7.5.3.3 (zone dissipative): progetta il collegamento implementando un criterio di gerarchia delle resistenze in accordo al paragrafo 7.5.3.3 del DM2008. È obbligatorio attivare guesta opzione se è stato selezionato un fattore di struttura q > 1
- Ok: salva le modifiche e genera il collegamento
- Annulla: annulla le modifiche ed esce dalla finestra Saldature senza generare il collegamento

Collegamento flangiato trave-colonna (CNR UNI 10011)

Selezionando il collegamento flangiato si accede alla finestra *Parametri del nodo* che contiene le seguenti opzioni:

		B1		
	33	B2		2
		B3		ö
	<u>n</u>		¥-	<u> </u>
MMAR 254 (6) 147 148 144				
Spess. piastra = sp. ala color Sp (mm)	nna < >	Numero bullor	ni interni B1	4 < >
Spess. piastra Sp (mm) Spessore cordoni di saldatura (mm)	nna < > 8 < >	Numero bullor Numero bullor superiori B2	ni interni B1 ni esterni	4 < > 0 < >
Spess. piastra Sp (mm) Spessore cordoni di saldatura (mm) Diametro bulloni (mm)	nna < > 8 < > 12 < >	Numero bullor Numero bullor superiori B2 Numero bullor inferiori B3	ni interni B1 ni esterni ni esterni	4 < > 0 < > 0 < >

- Spessore piastra: permette di impostare lo spessore della piastra. È possibile indicare che la piastra abbia lo stesso spessore dell'ala del profilo che compone la colonna (utilizzando il comando < fino al minimo valore) oppure introdurre un valore numerico
- *Numero di bulloni interni*: permette di impostare il numero minimo di bulloni posizionati tra le due ali del profilo della trave
- *Numero di bulloni esterni superiori*: permette di impostare il numero minimo di bulloni posizionati sopra l'ala superiore del profilo della trave
- *Numero di bulloni esterni inferiori*: permette di impostare il numero minimo di bulloni posizionati sotto l'ala inferiore del profilo della trave
- Spessore cordoni di saldatura: permette di impostare lo spessore dei cordoni di saldatura per realizzare il collegamento
- Diametro bulloni: permette di impostare il diametro dei bulloni da utilizzare nel collegamento
- *Menù a tendina classe bulloni*: permette di scegliere la classe dei bulloni tra quelle previste dalla normativa
- Definizione schemi distributivi dei bulloni: la barra di scorrimento verticale permette la definizione rapida della distribuzione dei bulloni sulla flangia



- Ok: salva le modifiche e genera il collegamento
- Annulla: annulla le modifiche ed esce dalla finestra Bullonatura senza generare il collegamento

La finestra Edita nodo

È possibile accedere alla finestra *Edita nodo* tramite l'omonimo comando presente nella parte destra della finestra di *PRO_CAD Nodi acciaio* e cliccando sul nodo di interesse (deve trattarsi di un nodo per cui è già stata definita la tipologia di nodo).

dita nodo ₹	• & @ 🛆 🖪
Piastra Spess. (mm) 10.00 Acciaio S235	<u>k</u>

La finestra *Edita nodo* contiene una finestra grafica che riporta la geometria del collegamento in analisi; la cornice *Piastra*; i comandi per la modifica della vista riportata nella finestra grafica; i comandi per la modifica della geometria della piastra e delle aste; i comandi per la modifica degli elementi di connessione ed i comandi per la gestione delle sollecitazioni.

La cornice piastra

- Spessore: permette di impostare lo spessore della piastra. L'unità di misura sono i mm
- Menù a tendina Materiale: permette di impostare il materiale che costituisce la piastra selezionandolo tra quelli proposti dalla normativa

I comandi per la modifica della vista



- Vista totale: : racchiude tutti gli oggetti presenti nella vista rappresentata nella finestra grafica
- Allontana: permette di diminuire lo zoom
- Avvicina: permette di aumentare lo zoom
- Vista precedente: ripristina la vista precedente
- Zoom finestra: permette di aumentare lo zoom su una parte di struttura. La parte di struttura di interesse va selezionata disegnando un rettangolo nella finestra grafica
- Pan: permette di traslare la vista tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse e spostando il puntatore

I comandi per la modifica della piastra

+ = 📐 🖾 🗮 🎋 🗠 🕼 🛆 🚺

- Bordo perpendicolare: permette di definire una linea di costruzione per la generazione della piastra con direzione perpendicolare all'asse dell'asta selezionata. Una volta selezionato il comando e cliccato sull'asta di interesse è possibile modificare la posizione della linea sia tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e trascinando il cursore sia inserendo distanza dal baricentro dell'asta ed angolo di inclinazione
- Bordo parallelo: permette di definire una linea di costruzione per la generazione della piastra con direzione parallela all'asse dell'asta selezionata. Una volta selezionato il comando e cliccato sull'asta di interesse è possibile modificare la posizione della linea sia tenendo premuto il tasto sinistro del

mouse e trascinando il cursore sia inserendo distanza dal baricentro dell'asta ed angolo di inclinazione

- Bordo perpendicolare alla bisettrice: permette di definire una linea di costruzione per la generazione della piastra con direzione perpendicolare alla bisettrice dell'angolo formato da due delle aste che concorrono nel nodo. Una volta selezionato il comando e cliccato sulle due aste di interesse è possibile modificare la posizione della linea sia tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e trascinando il cursore sia inserendo distanza dal baricentro dell'asta ed angolo di inclinazione
- Interseca bordi: genera la piastra di collegamento a partire dalle linee di costruzione generate. Si deve utilizzare questo comando ogni volta che si modifica una linea di costruzione per rigenerare la piastra conformemente alle linee editate
- Modifica bordi: consente di modificare una linea di costruzione già definita. Selezionando il comando e cliccando sulla linea di interesse è possibile accedere alla cornice Modifica per editare la posizione della linea tramite le voci Distanza e Angolo. Aggiorna immagine genera l'anteprima della nuova linea di costruzione, Applica conferma le modifiche ed Annulla chiude la cornice Modifica senza salvare le modifiche. È anche possibile modificare la posizione della linea di costruzione cliccando sulla stessa, tenendo premuto il tasto sinistro del mouse e trascinando il cursore



- Cancella bordi: permette di eliminare una linea di costruzione della piastra del collegamento
- Ruota attorno asse X: ribalta la piastra con una rotazione attorno all'asse X
- Ruota attorno asse Y: ribalta la piastra con una rotazione attorno all'asse Y
- Creazione automatica della piastra: genera automaticamente la piastra del collegamento a partire dalla geometria delle aste che concorrono nel nodo. Utilizzando questo comando il programma definisce automaticamente le linee di costruzione e non tiene conto di quelle definite dall'utente
- Stira vertici della piastra: permette di stirare i vertici della piastra del collegamento

l comandi per la modifica delle aste

 Modifica lunghezza aste: permette di allungare od accorciare le aste che concorrono nel nodo in analisi. È necessario selezionare il comando e cliccare sull'asta di interesse. Tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse e trascinando il cursore si allunga e si accorcia l'asta; cliccando con il tasto destro si applicano le modifiche; il tasto esc annulla le modifiche

I comandi per la modifica degli elementi di connessione



- *Bullonatura*: selezionando il comando e cliccando su un asta si accede alla finestra *Bullonatura* che permette di modificare la bullonatura che collega l'asta selezionata alla piastra.
- Saldatura: selezionando il comando e cliccando su un asta si accede alla finestra Saldature a cordoni d'angolo che permette di modificare la saldatura che collega l'asta selezionata alla piastra

Bullonatura 53 Diametro bulloni (mm) 12 <> Bulloni classe 6.8 Dadi 6 -🦵 centra le file File di bulloni d1 (min.15.6 mm) 60.0 1 d2 (min.28.6 mm) 35.0 . . Bulloni per fila | 2 < > d3 (min.15.6 mm) 20.0 Elimina bullonatura d4 (min.28.6 mm) 30.0 <u>0</u>k Annulla

La finestra Bullonatura

La finestra Bullonatura contiene i comandi:

- Diametro bulloni: permette di impostare il diametro dei bulloni
- *Menù a tendina classe bulloni*: permette di scegliere la classe dei bulloni tra quelle previste dalla normativa
- *File di bulloni*: permette di impostare il numero minimo di file di bulloni che collegano l'asta alla piastra
- Centra le file: consente di posizionare le file di bulloni ad uguale distanza dai bordi del profilo
- *d1*: distanza del bullone dal bordo del profilo in direzione verticale. Tra parentesi il programma suggerisce il minimo valore derivante dalla normativa
- *d2*: distanza tra due file di bulloni successive in direzione verticale. Tra parentesi il programma suggerisce il minimo valore derivante dalla normativa
- Bulloni per fila: consente di impostare il numero di bulloni presenti in ogni fila
- *d3*: distanza del bullone dal bordo del profilo in direzione orizzontale. Tra parentesi il programma suggerisce il minimo valore derivante dalla normativa
- *d4*:distanza tra due file di bulloni successive in direzione orizzontale. Tra parentesi il programma suggerisce il minimo valore derivante dalla normativa
- Elimina bullonatura: rimuove tutti i bulloni dall'asta
- Ok: salva le modifiche ed esce dalla finestra Bullonatura
- Annulla: annulla le modifiche ed esce dalla finestra Bullonatura

La finestra Saldature a cordoni d'angolo

Saldature a cordoni d'angolo	
Spessore cordoni (mm)	8
Lunghezza cordone L1 (mm)	100.0
Lunghezza cordone L2 (mm)	39.5
Estendi al massimo i d	ordoni
Elimina saldature <u>D</u> k	Annulla

La finestra Saldature a cordoni d'angolo contiene i comandi:

- *Spessore cordoni*: permette di impostare lo spessore dei cordoni di saldatura. L'unità di misura sono i mm
- *Lunghezza cordone L1*: permette di impostare la lunghezza del cordone di saldatura nella parte inferiore del profilo. L'unità di misura sono i mm
- *Lunghezza cordone L2*: permette di impostare la lunghezza del cordone di saldatura nella parte superiore del profilo. L'unità di misura sono i mm
- *Estendi al massimo i cordoni*: impone la massima lunghezza possibile date le dimensioni della piastra per le saldature
- Elimina saldature: rimuove tutti le saldature dall'asta
- Ok: salva le modifiche ed esce dalla finestra Saldature a cordoni d'angolo
- Annulla: annulla le modifiche ed esce dalla finestra Saldature a cordoni d'angolo

Introduzione delle sollecitazioni presenti nelle aste

Per definire le caratteristiche delle azioni interne nelle aste che concorrono in un nodo è necessario usare il comando *Sollecitazioni* che è possibile trovare sia nella parte destra della finestra principale di *PRO_CAD Disegno acciaio* che all'interno della finestra *Edita nodo*. Il comando fa apparire la finestra *Sollecitazioni*:

Asta	N (daN)	T 2-2 (daN)	T 3-3 (daN)	M 2-2 (daN cm)	M 3-3 (daN cm)	Mt (daN cm)	<u>0</u> K	
572	3068.62	94.96	0.00	-6.72	18980.00	0.08	Comb 1	ļ
74	90.31	122.38	0.00	0.00	0.00	0.00		- C
77	-15.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
73	49.08	122.38	0.00	0.00	0.00	0.00		
570	1079.20	-228.37	0.00	-7.60	-28410.00	0.08		

Nel caso si sia partiti da un modello di *PRO_SAP* le sollecitazioni sono automaticamente trasmesse al modulo plinti. Nel caso invece si stia utilizzando il modulo *PRO_CAD Disegno acciaio* in modalità indipendente, oppure fosse necessario modificare le sollecitazioni presenti in PRO_SAP, per inserire le sollecitazioni è sufficiente cliccare sul valore da modificare con il tasto sinistro del mouse e digitare il nuovo valore. Per confermare le modifiche è necessario cliccare con il tasto sinistro su un'altra casella.

Selezione della normativa

Con il comando *Normativa* presente nella barra dei comandi è possibile specificare la normativa a cui fare riferimento per le verifiche di resistenza dei collegamenti ed il tipo di verifiche da eseguire.

Nor	mativa
	CNR 10011
1	D.M. 14/01/2008 (non per colleg. colonna-trave)
	- Eseguire verifica per zone dissipative (par. 7.5.3.3)
~	- Eseguire verifica sezioni forate con gerarchia (for. (4.2.9))

Sono disponibili le seguenti opzioni:

- CNR 10011: esegue le verifiche alle tensioni ammissibili come descritto nelle CNR 10011
- D.M. 14/01/2008: esegue le verifiche agli stati limite secondo il D.M. 2008.
- Eseguire verifica per zone dissipative: esegue le verifiche in accordo al paragrafo 7.5.3.3 del DM2008 implementando un criterio di gerarchia delle resistenze. È obbligatorio selezionare questa opzione se è stato scelto un fattore di struttura q > 1
- Eseguire verifica sezioni forate con gerarchia: esegue le verifiche delle sezioni forate in accordo al paragrafo 4.2.4.1.2 del D.M. 2008 implementando un criterio di gerarchia delle resistenze secondo la formula 4.2.9. È obbligatorio selezionare questa opzione se ci sono delle combinazioni di calcolo con il sisma

Verifica nodi

Il comando **Verifica nodi** ► **Relazione** lancia l'esecuzione delle verifiche e la generazione automatica della relazione di

		Verifica nodi
	Relazione	
•	- Visualizza solo le CMB di ve	rifica

calcolo. Al termine della procedura verrà aperta automaticamente la finestra *Relazione di verifica*. È anche presente un opzione per specificare se stampare la relazione completa di tutte le combinazioni di calcolo presenti nel modello oppure se stamparla in forma ridotta con solamente le combinazioni utilizzate per le verifiche.



- Salva relazione: salva la relazione in un documento formato *.rtf
- Esci: chiude la finestra Relazione di verifica

Generazione del disegno esecutivo

Il comando **Genera DXF** consente di accedere alla finestra *Disegno DXF* dalla quale è possibile impostare le opzioni per la generazione del disegno esecutivo.

Fi	le dati disponibili		File dati per generazione DXF
🔄 Documents	▲ des_24_144.dst des_9_10.dst	Aggiungi >> << Rimuovi	des_84_144.dst des_9_10.dst
Acciaio DM080	a1_c	Aggiungi tutti >>	
d: [\\nas-gruppo2	NAL] -	<< Rimuovi tutti	
Colore LAYEB		Computo material	i
		> 🔽 Inserisci nel	file DXF
TESTO 🔲	<> PIASTRE	S Genera file !	esto (* TXT)
QUOTE 📕	🔹 sezione 📕 ≤	Visualizza c	omputa (file TXT)
Γ_QUOTE 📙	🕗 τιτοιι 🗖 <	>Caratteri	- Disegno
PROFILI 📃 🔄	🕗 сомрито 🧾 <		C Unifilare
FABELLA 🔲	🕒 T_TABELLA 🔲 <	Signal Grandi	Profili
		Numerazione	- 94 - 94 - 54-55
		🗌 Nodi	🔽 Elementi
Genera File DXF	E SCL		

La finestra contiene i seguenti parametri:

- *File dati disponibili*: la cornice contiene i file delle strutture già calcolati (estensione *.dst); i file di cui si desidera il disegno esecutivo devono essere spostati nella cornice dei *File dati per generazione DXF* tramite gli appositi comandi *Aggiungi* >> e *Aggiungi tutti* >>
- File dati per generazione DXF: la cornice contiene i nodi di cui sarà generato il disegno esecutivo. Il gruppo di nodi presenti in file per la generazione del DXF formeranno un unico disegno in formato *.dxf. Se si desidera rimuovere un collegamento da questa lista è sufficiente utilizzare gli appositi comandi << Rimuovi o << Rimuovi tutti
- La cornice Colore LAYER: in questa cornice è possibile definire i colori da assegnare ai vari layer degli elementi che compongono il disegno esecutivo

- La cornice Computo materiali: questa cornice consente di modificare le opzioni per la generazione del computo dei materiali. È possibile includere il computo nel disegno delle carpenterie tramite l'apposita opzione Inserisci nel file DXF. È inoltre possibile generare un file di testo in formato *.txt contenente i dati del computo dei materiali utilizzando l'opzione Genera file testo. Il comando Visualizza computo permette di vedere un'anteprima del file di testo del computo
- La cornice Caratteri: all'interno di questa cornice è possibile specificare la dimensione dei caratteri da utilizzare negli esecutivi scegliendo tra due opzioni: caratteri Normali e caratteri Grandi
- La cornice Disegno: la cornice Disegno contiene due opzioni: Unifilare per disegnare la struttura come unifilare Profili per disegnare gli esecutivi della struttura con le reali sezioni dei profili utilizzati
- La cornice Numerazione: la cornice Numerazione permette di selezionare quali elementi numerare sull'esecutivo della struttura
- Genera file DXF: avvia la generazione del file formato .dxf contenente il disegno esecutivo dei nodi.
- Esci: chiude la finestra Disegno DXF

Capitolo 22

Progettazione dei solai e verifica dei tamponamenti

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la definizione dei parametri di progetto e verifica degli elementi solaio e degli elementi secondari e per la visualizzazione dei risultati della progettazione.

- Progettazione dei solai
- Proprietà degli elementi solaio
- Definizione dei criteri di progetto per i solai in c.a.
- Esecuzione della progettazione dei solai
- Controllo dei risultati della progettazione dei solai in c.a.
- Realizzazione delle scacchiere di solai
- Gestione di solai con destinazioni d'uso diverse
- PRO_CAD solai e tetti in legno
- Verifiche dei tamponamenti
- Proprietà degli elementi pannello
- Definizione dei criteri di progetto dei pannelli
- Esecuzione delle verifiche dei tamponamenti
- · Controllo dei risultati delle verifiche dei tamponamenti

Progettazione dei solai

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o più nodi denominati in generale solaio.

Ogni elemento solaio è individuato da una poligonale di nodi 1,2, ..., N.

L'elemento solaio è utilizzato in primo luogo per la modellazione dei carichi agenti sugli elementi strutturali ed in secondo luogo può essere utilizzato per la corretta ripartizione delle forze orizzontali agenti nel proprio piano; l'opzione "piano rigido" consente infatti di assegnare a ciascun campo di solaio una mesh di elementi finiti di tipo membrana con il materiale e lo spessore indicati nelle proprietà. L'elemento balcone è derivato dall'elemento solaio.

La progettazione dell'elemento solaio può essere realizzata con il metodo delle Tensioni Ammissibili o degli Stati Limite.

Ogni contesto di lavoro permette di accedere a differenti comandi di gestione dei solai, secondo la seguente tabella:

	INTRODUZIONE	ASSEGNAZIONE	VISUALIZZAZIONE	ASSEGNAZIONE
	DATI	CARICHI	RISULTATI	DATI DI PROGETTO
Archivio di carico	X	X		
Orditura e bidirezionalità	X	X		
Alternanza	X	X		
Trasmissione Momenti	X	Х		
Piano rigido e spessore	X	X		
membrana				
Materiale	X	X		X
Layer	X	X	Х	X
Sezione travetto	X			X
Criterio di progetto	X			X
Schema statico	X			

Il contesto di *Introduzione dati* è la fase di lavoro in cui è possibile e consigliabile eseguire l'analisi dei solai allo scopo di determinare con precisione i carichi applicati alla struttura in base allo schema statico.

Gli scarichi del solaio sulla struttura dipendono dalle informazioni assegnate nelle proprietà: schema statico *assegnato* fa scaricare i solai secondo le aree di influenza, *automatico* fa scaricare i solai secondo le reazioni vincolari della trave continua su più appoggi. Per questo motivo è fondamentale definire completamente i solai nel contesto di *Introduzione dati*. La definizione e la visualizzazione dello schema statico, dei carichi applicati alle travi e del momento flettente dell'elemento solaio nel contesto di *Introduzione dati* consente il controllo e la gestione del modello della struttura prima di eseguirne l'analisi.

L'analisi e la progettazione degli elementi può essere eseguita secondo la seguente procedura:

- 1. Definizione dell'archivio di carico con il comando **Dati struttura** ► **Solai e coperture**. In questo modo si accede alla *Tabella dei carichi automatici* (vedere cap. 4 del manuale di *PRO_SAP*)
- 2. Solo per i solai in laterocemento: definizione della sezione da assegnare ai travetti nell'archivio delle sezioni (a cui si accede con il comando **Dati struttura** ► **Sezioni**)
- 3. Solo per i solai in XLAM: definizione della stratigrafia del pannello XLAM da assegnare al solaio nell'archivio dei pannelli (a cui si accede con il comando *Dati struttura* ► *Pannelli XLAM*)
- 4. Definizione del materiale da assegnare dei solai nell'archivio dei materiali (a cui si accede con il comando *Dati struttura* ► *Materiali*)
- 5. Definizione dei criteri di progetto per i solai. Per i solai in laterocemento usare il comando Dati struttura
 ▶ Criteri di progetto ▶ Solai e pannelli; per i solai in XLAM usare il comando Dati struttura ▶ Criteri di progetto ▶ XLAM
- 6. Assegnazione delle proprietà dell'elemento solaio
- 7. Esecuzione dell'analisi e della progettazione

PRO_SAP esegue la progettazione solamente di solai in laterocemento ed XLAM. Per progettare solai in legno tradizionali o solai metallici è necessario usare il modulo *PRO_CAD solai e tetti in legno* (si veda il paragrafo dedicato all'interno del presente capitolo della guida). Anche se *PRO_SAP* non esegue la progettazione dei solai in legno e dei solai metallici è comunque possibile modellare queste tipologie con un elemento solaio per ripartire i carichi sulla struttura e, se necessario, per modellare il piano rigido.

Proprietà degli elementi solaio

Se si intende utilizzare il solaio esclusivamente per assegnare i carichi alla struttura e per modellare un piano rigido è sufficiente definire le proprietà comprese nei gruppi:

- Generalità
- Modello di carico
- Modello di calcolo

Per la progettazione automatica dei solai in laterocemento o in XLAM è necessaria anche la definizione delle proprietà del gruppo *Dati di progetto*:

- Sezione
- Interasse travetti
- Criterio di progetto
- Condizioni ambientali

Generalità

- Layer: piano su cui risiede l'elemento solaio
- Usa come pannello: indica se l'elemento è un solaio oppure un pannello. Gli elementi verticali sono automaticamente riconosciuti come pannelli e gli elementi orizzontali sono automaticamente riconosciuti come solai
- *Materiale*: materiale del solaio. Viene utilizzato per modellare la mesh di elementi membrana del piano rigido e per il progetto di solai in laterocemento ed XLAM

Inquisits property is a sub-second to be	• 0
25 1 21 4+1 10	
- Generalia	
Link	12 Look 1
LT has convergenced.	
Nature av	10 CROM-gp/Ten/CS/ID
ad Panangolai	
too oo wateria a	401000
· Richelled carbon	
Aphile Shangs	10 Oct - 20 X anterpris
Odiet	re-da
Traperer3	- 64
Discovery	17
(Valera)	(ar.)
Allantana usualla	1
18(8)(0)(4)(6)	- B.
Dispersion and the second second	
- Madelledi zakola	
Arteres mass	A American
Controller	T HERO CONTRACTOR
Replaced	
Signal	70
Advance Regeller	- 24
1.6.4 endmin	
But if proping	
Segure	2127 Advention Star U.St. Adv. (E.St. Adv.) (2020) AvenUS
ritei e ocitevati	1011-001
Criero d progetto	(2 Coloradoraphia (MI)
Creative and anti-	Tubique 20

- Pannello XLAM: attivo solamente se in Materiale è stato specificato un materiale tipo legno. Consente di specificare il pannello XLAM selezionandolo dall'archivio apposito. Questo dato viene utilizzato nelle verifiche dei solai in XLAM (nel caso il solaio non sia in XLAM ma sia in legno tradizionale non è necessario indicare il pannello)
- *Piano rigido*: attivando questa opzione il programma inserisce all'interno dei campi di solaio degli elementi finiti di tipo *membrana* aventi lo spessore specificato in *Spessore membranale* ed il materiale indicato in *Materiale*. Se l'opzione non è attiva il solaio non ha rigidezza ed assegna solamente i carichi alla struttura.
- Spessore membranale: spessore degli elementi membrana che modellano il piano rigido. Si consiglia di assegnare lo spessore dell'elemento che rende rigido il solaio (per esempio soletta in c.a., tavolato collaborante in legno, ecc...)

Il carico del solaio deriva SOLO dall'archivio di carico, le proprietà *Piano rigido*, *Spessore membranale, Pannello XLAM e Materiale* non hanno effetto sui pesi.

Se è attiva l'opzione *Piano rigido* la mesh di elementi membrana collega solamente i punti cliccati durante l'input della poligonale del solaio:





Nell'immagine a sinistra la definizione della mesh è corretta perché coinvolge tutti i nodi dell'impalcato, nell'immagine a destra la mesh collega solamente i quattro vertici del solaio ed i risultati delle analisi saranno errati. Se si usa il comando *Solai-pannelli in piano* per la definizione dei solai, automaticamente la mesh passa per tutti i nodi dell'impalcato. È possibile visualizzare la mesh usando il comando *Preferenze* ► *Opzioni elementi* ed attivando l'opzione *Elementi solaio mesh*.

Modello di carico

- Archivio di carico: carico del solaio. Il valore può essere modificato scegliendo tra quelli disponibili nell'archivio Solai e coperture
- Orditura: può essere definita in due modi
 - Imposta: consente di accedere ad una finestra dove indicare i due punti che individuano la retta che indica la direzione dell'orditura. L'inserimento dei dati può avvenire da tastiera oppure cliccando sui nodi con il mouse. È anche possibile specificare un angolo di rotazione dell'orditura rispetto alla retta assegnata
 - Coseni direttori: consente di assegnare manualmente i coseni direttori del vettore che indica la direzione dell'orditura. La terna (1, 0, 0) indica orditura parallela all'asse globale X; la terna (0, 1, 0) indica orditura parallela all'asse globale Y
- Alternanza variabile: consente di applicare i carichi dei solai a scacchiera in modo semiautomatico oppure di gestire solai con diverse destinazioni d'uso e diversi coefficienti psi. Si vedano i successivi paragrafi del presente capitolo del manuale: Realizzazione delle scacchiere di solai e Gestione di solai con destinazioni d'uso differenti
- % bidirezionalità: permette di attivare l'orditura dei solai di tipo bidirezionale, cioè nella direzione definita (principale) e nella direzione perpendicolare a questa (secondaria).
 Il valore 0 genera un solaio perfettamente monodirezionale, un valore diverso da 0 genera un solaio bidirezionale della quota assegnata. La direzione principale di orditura è indicata dal simbolo con linea continua, quella secondaria dal simbolo con linea tratteggiata.

Per il campo di valori da **0 a 49%** vengono realizzati gli scarichi come sovrapposizione di due solai, uno nella direzione principale con il carico ridotto della percentuale assegnata e uno in direzione secondaria con il carico pari alla percentuale assegnata. Ad es. assegnando il valore 20% si generano i seguenti scarichi:

- in direzione principale per un carico pari all'80% del carico assegnato
- o in direzione secondaria per un carico pari al 20% del carico assegnato

Assegnando il valore **50%** viene realizzato il calcolo della lunghezza media dei travetti in direzione principale e in direzione secondaria; successivamente viene calcolata la quota di scarico nelle due direzioni con il seguente metodo:

dato un pannello di solaio di lati a e b, la quota di carico in direzione a si ottiene con il coefficiente

$$\frac{b^4}{a^4+b^4}$$

Applicazione torsione: se il comando è attivo il programma applica agli elementi strutturali (travi o
pareti) su cui poggiano i solai un momento torcente pari al momento presente nello sbalzo oppure al
momento assegnato al solaio attraverso lo schema statico. Le azioni torsionali applicate sono visibili
nel contesto di Assegnazione carichi e sono rappresentate con un vettore con doppia punta di colore
rosso allineato alla trave di appoggio del solaio.

Gli appoggi iniziale e finale sono individuati dal simbolo di orditura del solaio, dall'estremo con freccia rispettivamente sottile e grossa.

Modello di calcolo

- Schema statico: consente di specificare lo schema statico del solaio a scelta tra due opzioni
 - *Automatico*: imposta il calcolo dei solai secondo lo schema statico di una trave su più appoggi per individuare le sollecitazioni (momento e taglio) e gli scarichi sulla struttura
 - Assegnato: è l'utente ad assegnare i momenti flettenti alle estremità del solaio. Questi valori sono utilizzati per determinare i carichi trasmessi agli elementi strutturali su cui poggia il solaio.
- Controlla/Vedi: cliccando su Vedi si accede alla finestra Schema statico del solaio all'interno della quale si possono leggere i dettagli della progettazione e delle verifiche sui solai in laterocemento ed XLAM (si vedano i paragrafi successivi)

• Negativo I / Negativo J: attivi solamente nel caso sia stato impostato lo schema statico Assegnato. Consentono di specificare i momenti negativi alle estremità del solaio indicando il valore del

denominatore (x) del rapporto $\frac{q \times l^2}{r}$.

Assegnando due valori nulli è possibile generare un solaio con vincolo di semplice appoggio che scarica secondo le aree di influenza.

- Minimo negativo: attivo solamente nel caso sia stato impostato lo schema statico Automatico. Consente di forzare il programma a considerare comunque un momento negativo anche se non presente a causa dello schema statico di trave su più appoggi. Si assegna con la stessa logica di Negativo I e Negativo J. Può essere utile nel caso si progetti un solaio in laterocemento per forzare il programma ad inserire un minimo di armatura al lembo superiore anche se non richiesta dal calcolo
- % Gsk isostatico: permette di aggiungere all'inviluppo dei momenti con cui viene progettato il solaio un'ulteriore combinazione in cui una percentuale di carichi permanenti (ad esempio il 50%) lavora secondo lo schema isostatico (momento positivo massimo = q·l²/8).

Dati di progetto

- Sezione: solamente per solai in laterocemento. Consente di specificare la sezione del travetto del solaio scegliendola tra quelle definite nell'archivio delle sezioni
- Interasse travetti: solamente per solai in laterocemento. Consente di specificare l'interasse tra i travetti che compongono il solaio per calcolare il carico agente sul singolo travetto
- Criterio di progetto: consente di specificare il criterio di progetto a cui fare riferimento per il progetto e le verifiche dei solai in laterocemento od XLAM scegliendolo dall'apposito archivio
- Condizioni ambientali: solamente per solai in laterocemento. Consente di specificare le condizioni dell'ambiente per eseguire le verifiche in esercizio dei solai (si faccia riferimento al §4.1.2.2.4.3 del D.M.2018)

Quando si definisce la sezione del travetto nell'archivio delle sezioni si suggerisce di impostare copriferro 1 cm o inferiore.

Definizione dei criteri di progetto per i solai in c.a.

La definizione dei criteri di progetto per la progettazione dei solai in latero-cemento, dei solai in XLAM e per le verifiche degli elementi non strutturali viene realizzata all'interno della *Tabella dei criteri di progetto* attivabile, in base al contesto in cui si opera, con le seguenti modalità:

Se si opera nel *contesto di Introduzione dei dati* si utilizzano i seguenti comandi:

- Dati struttura 🕨 Criteri di progetto 🕨 Solai e pannelli
- □ Se si opera nel contesto di Assegnazione dati di progetto si utilizzano i seguenti comandi: Dati di progetto ► Criteri di progetto ► Solai e pannelli

Generalità

- Usa tensioni ammissibili: se attiva il progetto e le verifiche del solaio vengono eseguite con il metodo delle tensioni ammissibili (se non è attiva viene usato il metodo agli stati limite)
- Af inf: da traliccio: dispone all'estremità dei travetti un'armatura inferiore, convenientemente ancorata, in grado di assorbire uno sforzo di trazione uguale al taglio
- Consenti armatura a taglio: se attiva il programma può disporre armatura per taglio qualora risulti necessaria dai calcoli
- Incrementa armatura longitudinale per taglio: se attiva consente al programma di incrementare l'armatura longitudinale in zona tesa per migliorare l'esito della verifica a taglio nel caso della verifica di elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

Zolat as when	
Control produces table	
Denierente mitar traffaftige pe b	401
All in the off-the	318
Transverter Finite places	3.8 (104.)
Astroducts	
PT-Chicken	
digaritate being	3.8
And an along territy	- 2.8
AN%	ILEND CODE (
Tariak to glidwer	A-14
Tabilishs alleri	
Telephone By	#10000.au/weet71
fer entro	See 2
Inefficience permits in	1.0.
dop/foliwite germian	- 34
Annov it sittaits in the	118
Wedfas break	
anning .	1200
Adventures.	
and a second	

Af inf: da q*L²/: dispone un'armatura inferiore in campata pari almeno a quella necessaria ad assorbire un momento pari a q·L²/x dove q è il carico ottenuto distribuendo in modo uniforme tutti i carichi applicati alla trave ed x è il numero inserito nella casella di testo (ad esempio 8, 12 ecc...). Inserendo il valore 0 viene disposta l'armatura ottenuta dal calcolo

• *Incremento fascia piena*: permette di impostare il passo di incremento della fascia piena; la fascia verrà incrementata in automatico fino al soddisfacimento della verifica a taglio. Se si assegna il valore 0 il programma considererà una fascia piena pari alla larghezza della trave

Armatura

- *Minima tesa*: percentuale minima di armatura longitudinale nella zona tesa (+), riferita all'area totale della sezione di conglomerato
- Massima tesa: percentuale massima di armatura longitudinale nella zona tesa (+), riferita all'area totale della sezione di conglomerato
- *Minima compressa*: percentuale minima di armatura longitudinale nella zona compressa (-), riferita all'area totale della sezione di conglomerato
- Af/h: permette di impostare il limite minimo della quantità di armatura longitudinale. L'armatura longitudinale deve rispettare il seguente limite minimo: Asmin ≥ 0.07 h (cm²/m) dove h è l'altezza del solaio espressa in cm
- *Diametri longitudinali*: diametri impiegati nel calcolo dell'armatura dei travetti. Viene impiegato per la definizione della proposta di armatura e per il calcolo dell'altezza netta della sezione resistente di calcestruzzo. È possibile definire al massimo 2 diametri differenti

Stati limite ultimi

Dati necessari solamente per il progetto dei solai con il metodo degli stati limite

- Tensione fy: resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio delle barre di armatura
- Tipo acciaio: tipo di acciaio utilizzato per le barre di armatura. È possibile assegnare come valori A, B o C, le caratteristiche del materiale sono personalizzabili nelle normative avanzate per il cemento armato.
- Coefficiente gamma s: coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio dell'armatura
- Coefficiente gamma c: coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
- Fattore di ridistribuzione: consente di eseguire il calcolo elastico lineare con ridistribuzione del momento flettente secondo un fattore δ (si veda il §4.1.1.1 del D.M.2018 ed il §C4.1.1.1 della circolare 617/2009 del C.S.LL.PP.)

Tensioni ammissibili

Dati necessari solamente per il progetto dei solai con il metodo delle tensioni ammissibili

- Tensione amm. cls: tensione ammissibile del c.a.
- Tensione amm. acciaio: tensione ammissibile dell'acciaio delle barre di armatura
- *Rapporto omogeneizzazione N*: coefficiente di omogeneizzazione delle armature
- Massimo rapporto area compressa/tesa: rapporto massimo tra l'area dell'armatura in zona compressa e l'area dell'armatura in zona tesa

Verifica freccia

- Infinita: limite massimo consentito della freccia a tempo infinito. La verifica è eseguita in combinazioni SLE quasi permanente (si veda il §C4.1.2.2.2 della circolare 617/2009 del C.S.LL.PP.)
- *Istantanea*: limite massimo consentito della freccia istantanea. La verifica è eseguita in combinazioni SLE rare (si veda il §C4.1.2.2.2 della circolare 617/2009 del C.S.LL.PP.)
- *Fattore viscosità*: permette di assegnare il fattore di viscosità per la determinazione della freccia a tempo infinito (si vedano le tabelle 11.2.VI ed 11.2.VII del DM2018)
- Usa J non fessurato: se l'opzione è attiva viene utilizzata la rigidezza non fessurata anche per le verifiche di deformazione a tempo infinito

Esecuzione della progettazione dei solai

La progettazione dei solai avviene con i comandi presenti all'interno del menù *Analisi solai e coperture*. La procedura è la seguente:

- 1. Selezionare i solai che si desidera progettare
- 2. Usare il comando Dati struttura ► Analisi solai e coperture ► Esecuzione analisi
- 3. Al termine delle analisi dei solai è possibile controllare i diagrammi delle sollecitazioni (taglio e momento flettente) agenti sul travetto con i comandi *Diagramma momento* e *Diagramma taglio*
- 4. Usare il comando **Dati struttura** ► Analisi solai e coperture ► Progetto elementi solaio.
- 5. Al termine della progettazione è possibile controllare se gli elementi sono verificati o meno con il comando *Stato progetto* che attribuisce agli elementi la seguente colorazione:



- Giallo: elemento non progettato
- Ciano: verifiche soddisfatte
- Rosso: verifiche non superate

Il comando *Diagramma armature* disegna sul solaio l'armatura progettata automaticamente. *Isola non verificati* permette di rendere visibili solamente gli elementi solaio con verifiche non soddisfatte.

Controllo dei risultati della progettazione dei solai in c.a.

Il programma consente per mezzo di diagrammi e tabelle l'esaustivo controllo dello stato di progetto degli elementi solaio. Per accedere alla finestra *Schema statico del solaio*, che fornisce i dettagli delle verifiche, è necessario usare il comando *Edita proprietà* per accedere alla tabella delle proprietà del solaio e cliccare sul comando *Vedi*:

Schema state	1 ++ A	angrafit 🥿								
Controlla	Vedi	····								
Acc 9 Acc 1	i del selato Ri Electro	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Append 1	Ny Iglio N	V Aornento	di Iwi	Arnatu	a Belier	+	in an
Derepute Statu n. f : DKOv. n. 214 : OKOv.	1008 P+ 420 15 420 15	₹+ Gok(dalVen2) 16 0.04 16 0.91	002 002	54 mon D D	0 0	Sectore Tribaccat Tribaccat	50 50	hatmais Calouthurpe Dasse 05566 Calouthurpe Dasse 02669	Ortenia Ortenia di progetto Dell'8 Ortenia di progetto Dell'8	Studgate Not previt Not previt
-					III: Solivectarum (movita) # +=1 (H1=+82) V(=1205) 44 (janutna) # += 75058+414 (job. 24505) # += 75058+414 (job. 24505) # += 0 (J1=+82) V(=1205) 44 (janutna) # -= 0 (J1=+82) V(=1205) 44 (janutna) # -= 0 (J1=+82) V(=1205) 44 (janutna) # -= 0 (J1=+12) V(=1205) 44 (janutna) J1 (janutna) (J1=12) V(=1205) 44 (janutna) J1 (jan					

Per ciascun pannello di solaio la progettazione viene effettuata in 5 posizioni significative:

- 1. in corrispondenza dell'asse della trave, estremo di sinistra
- 2. a "filo" trave (in corrispondenza del fino della trave solida o della fascia piena, se è stata incrementata), estremo di sinistra
- 3. in corrispondenza del massimo momento positivo
- 4. a "filo" trave (in corrispondenza del fino della trave solida o della fascia piena, se è stata incrementata), estremo di destra
- 5. in corrispondenza dell'asse della trave, estremo di destra

Controllo dei risultati della progettazione agli stati limite

I risultati riportati sono relativi alla campata di solaio attiva nel caso di progettazione agli stati limite.

Sollecitazioni

Indica le sollecitazioni presenti nel travetto

• *M- (sinistra*): momento flettente negativo all'estremo sinistro

🖶 Sollecitazioni (travetto)

- M- =-1.141e+05 V =1358.44 (sinistra) - M+ =7.383e+04 (pos. 251.09)
- M-=0.0 V=-874.13 (destra)
- 🗄 Deformazioni
 - (verificato)
- Freccia = 4.99 (lim. 8.40) [mm] (caratteristica istantanea)
 Freccia = 3.41 (lim. 16.80) [mm] (quasi permanente a tempo infinito)
- 🗄 Progettazione (travetto)
- Flessione (verificato)
- -- pos=0.0: Ai=0.35 As=1.36 Gc=0.96 x/d=4.781e-02 M=-1.141e+05
- s/fck =0.33,0.36 s/fyk=0.99 wk=0.0,0.0,0.0 pos=15.00: Ai=0.35 As=1.36 Gc=0.83 x/d=0.13 M=-9.431e+04
- pos=15.00; Al=0.35 As=1.36 GC=0.65 x/0=0.13 M=-3.4316 • s/fck =0.61,0.67 s/fyk=0.86 wk=0.16,0.0,0.0
- pos=251.09: Ai=0.87 As=0.0 Gc=0.98 x/d=2.650e-02 M=7.383e+04
- s/fck =0.25,0.25 s/fyk=0.95 wk=9.676e-02,8.829e-02,7.892e-02
- pos=405.00: Ai=0.84 As=0.0 Gc=0.17 x/d=2.546e-02 M=1.253e+04
- s/fck =4.392e-02,4.629e-02 s/fyk=0.17 wk=0.0,0.0,0.0
- pos=420.00: Ai=0.84 As=0.0 Gc=0.0 x/d=2.546e-02 M=0.0
- s/fck =0.0,0.0 s/fyk=0.0 wk=0.0,0.0,0.0

- *V (sinistra)*: taglio all'estremo sinistro
- M+: momento flettente positivo massimo in campata con relativa posizione
- M- (destra): momento flettente negativo all'estremo destro
- V (destra): taglio all'estremo destro

Deformazioni

Verifica dello stato deformativo del travetto

- Freccia (caratteristica istantanea): riporta il valore della freccia iniziale ed il valore limite calcolato in base a quanto impostato nei criteri di progetto
- *Freccia (quasi permanente a tempo infinito)*: riporta il valore della freccia a tempo infinito ed il valore limite calcolato in base a quanto impostato nei criteri di progetto

Progettazione - Flessione

Verifica a flessione del travetto in SLU e verifiche in SLE. Per ogni punto di verifica lungo l'asse viene riportato:

- pos: ascissa del punto di verifica
- Ai: area di armatura inferiore
- As: area di armatura superiore
- *Gc*: valore del rapporto Sd/Su tra la sollecitazione flettente di progetto e la sollecitazione flettente ultima. Verifica positiva se il valore è <= 1
- *x/d*: rapporto tra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione alla rottura (per sola flessione)
- *M*: momento flettente di progetto
- *s/fck*: verifica delle tensioni in esercizio del calcestruzzo in combinazioni SLE rare e SLE frequenti. Il risultato rappresenta il rapporto tra la tensione di progetto e quella limite del calcestruzzo
- *s/fyk*: verifica delle tensioni in esercizio sulle barre di armatura in combinazioni SLE rare. Il risultato rappresenta il rapporto tra la tensione di progetto e quella limite dell'acciaio
- *wk*: ampiezza massima delle fessure espressa in mm per combinazioni SLE rare, SLE frequenti e SLE quasi permanenti. Se i valori sono nulli non si ha formazione di fessure

Progettazione – Taglio

Verifica a taglio del travetto in SLU. Per ogni punto di verifica lungo l'asse viene riportato:

- pos: ascissa del punto di verifica
- At: area di armatura per taglio (si ha un valore diverso da zero solamente se nei criteri di progetto è attiva l'opzione Consenti armatura a taglio)
- *Gta*: valore del rapporto Sd/Su tra la sollecitazione tagliante di progetto e la sollecitazione tagliante ultima. Verifica positiva se il valore è <= 1
- *T*: Sollecitazione tagliante di progetto

Controllo dei risultati della progettazione alle tensioni ammissibili

I risultati riportati sono relativi alla campata di solaio attiva nel caso di progettazione alle tensioni ammissibili. *Sollecitazioni*

Indica le sollecitazioni presenti nel travetto

- *M* (*sinistra*): momento flettente negativo all'estremo sinistro
- *V (sinistra)*: taglio all'estremo sinistro
- *M*+: momento flettente positivo massimo in campata con relativa posizione
- *M* (*destra*): momento flettente negativo all'estremo destro
- *V (destra)*: taglio all'estremo destro

Deformazioni

Verifica dello stato deformativo del travetto

- *Freccia (caratteristica istantanea)*: riporta il valore della freccia iniziale ed il valore limite calcolato in base a quanto impostato nei criteri di progetto
- *Freccia (quasi permanente a tempo infinito)*: riporta il valore della freccia a tempo infinito ed il valore limite calcolato in base a quanto impostato nei criteri di progetto

Progettazione - Flessione

Verifica a flessione del travetto. Per ogni punto di verifica lungo l'asse viene riportato:

- pos: ascissa del punto di verifica
- *Ai*: area di armatura inferiore
- As: area di armatura superiore
- *sc*: tensione di progetto nel calcestruzzo
- Capitolo 22 Pag. 8

Progettazione (travetto)

- Flessione (verificato)
 pos=0.0: Ai=0.29 As=0.84 sc=-8.46 sf=798.87 M=-1.440e+04
 pos=15.00: Ai=0.29 As=0.84 sc=-6.72 sf=298.26 M=-5171.25
 pos=189.29: Ai=0.87 As=0.0 sc=-28.39 sf=2593.36 M=4.830e+04
 pos=385.00: Ai=0.29 As=0.84 sc=-34.83 sf=1546.68 M=-2.682e+04
 pos=400.00: Ai=0.29 As=0.84 sc=-22.20 sf=2097.05 M=-3.780e+04
 Taglio (verificato)
 pos=0.0: At=0.0 tau=0.65 T=-662.50
 pos=15.00: At=0.0 tau=2.51 T=-610.00
 pos=189.29: At=0.0 tau=8.642e-02 T=21.00
- --- pos=385.00: At=0.0 tau=2.91 T=706.00
- pos=400.00: At=0.0 tau=0.75 T=758.50

- sf: tensione di progetto nell'acciaio
- *M*: momento flettente di progetto

Progettazione – Taglio

Verifica a taglio del travetto. Per ogni punto di verifica lungo l'asse viene riportato:

- pos: ascissa del punto di verifica
- At: area di armatura per taglio (si ha un valore diverso da zero solamente se nei criteri di progetto è attiva l'opzione Consenti armatura a taglio)
- *tau*: tensione tangenziale
- *T*: sollecitazione tagliante

Nella finestra Schema statico del solaio sono presenti i seguenti comandi:

- *Taglio*: visualizza il diagramma del taglio
- Momento: visualizza il diagramma del momento
- *Inviluppo*: visualizza l'inviluppo delle sollecitazioni utilizzato per la progettazione
- Armatura: visualizza il diagramma delle armature ottenute dalla progettazione

Nella finestra Schema statico del solaio sono riportate le seguenti informazioni:

- Campata: numero della campata a partire da sinistra
- Luce assi: luce degli assi delle campate
- F+: fascia piena destra
- *F*-: fascia piena sinistra
- *Gsk*: carico permanente
- Qsk: Carico accidentale
- %isos: percentuale di carico da assegnare con schema isostatico
- Minc.: momento di incastro del primo estremo della campata di solaio
- Sezione: sezione assegnata al travetto
- Inter.: interasse dell'asse dei travetti
- *Materiale*: materiale assegnato al travetto
- Criterio: criterio di progetto assegnato al travetto
- *Momenti q*l*l/ (negativi)*: momenti flettenti negativi ai due estremi del travetto, espressi come denominatore dell'espressione q*l*l/x
- *Taglio* q*I*: tagli alle due estremi del travetto, espressi come coefficiente moltiplicatore dell'espressione q*I*y

Progettazione dei solai in XLAM

Per la definizione dei criteri di progetto, l'esecuzione della progettazione ed il controllo dei risultati per i solai in XLAM si faccia riferimento al capitolo 13 *Progettazione elementi strutturali in legno*.

Realizzazione delle scacchiere di solai

È possibile applicare i carichi variabili sui solai "a scacchiera" procedendo come segue:

- 1. Nel contesto di *Introduzione dati*, quando si generano i solai, assegnare alternanza variabile = 1 ai solai che devono rientrare nel campo 1, alternanza variabile = 2 ai solai che devono rientrare nel campo 2, ecc...
- 2. Nel contesto di *Assegnazione carichi* definire i casi di carico. Se si usano gli automatismi *PRO_SAP* andrà a predisporre un numero di casi di carico pari al valore massimo di alternanza variabile assegnato ai solai. Se i casi di carico vengono definiti manualmente è possibile aggiungere un numero di casi di carico Qsk pari al valore massimo di alternanza variabile.
- 3. Automaticamente il carico variabile del solaio di tipologia 1 andrà nel primo caso di carico Qsk, il variabile del solaio di tipologia 2 andrà nel secondo, ecc...
- 4. Se necessario, prima di generare le combinazioni di calcolo, definire le interazioni tra i casi di carico variabili

È possibile definire un numero di casi di carico Qsk pari al valore massimo del parametro "alternanza variabile".

Gestione di solai con destinazioni d'uso differenti

Nel caso in cui fosse necessario definire solai con differenti destinazioni d'uso, per poter considerare diversi coefficienti psi2 in fase di definizione delle masse sismiche e diversi psi0, psi1 e psi2 in fase di generazione delle combinazioni di calcolo, è necessario procedere come segue:

- Nel contesto di *Introduzione dati*, quando si generano i solai, assegnare un *Alternanza variabile* diversa per ogni tipologia di solaio: i solai con destinazione d'uso 1 avranno alternanza variabile = 1, i solai con destinazione d'uso 2 avranno alternanza variabile = 2, i solai con destinazione d'uso 3 avranno alternanza variabile 3, ecc... (per esempio se ci sono solai con variabile da civile abitazione ed altri con variabile da ambienti suscettibili da affollamento, assegnare alternanza variabile = 1 ai solai da civile abitazione, alternanza variabile = 2 ai solai suscettibili di affollamento)
- 2. Nel contesto di *Assegnazione carichi* definire i casi di carico. Se si usano gli automatismi *PRO_SAP* andrà a predisporre un numero di casi di carico pari al valore massimo di alternanza variabile assegnato ai solai. Se i casi di carico vengono definiti manualmente è possibile aggiungere un numero di casi di carico Qsk pari al valore massimo di alternanza variabile.
- 3. Automaticamente il carico variabile del solaio di tipologia 1 andrà nel primo caso di carico Qsk, il variabile del solaio di tipologia 2 andrà nel secondo, ecc...
- 4. Se necessario, prima di generare le combinazioni di calcolo, definire le interazioni tra i casi di carico variabili

Non è necessario utilizzare l'alternanza variabile quando nel modello è presente una sola tipologia di variabile ed un solaio di copertura perché il programma usa automaticamente due casi di carico diversi: il variabile dei solai di piano viene inserito in un caso di carico Qsk, la neve dei solai di copertura viene inserita in un caso di carico Qnk (si veda capitolo 8 del manuale d'uso di *PRO_SAP*)

PRO_CAD solai e tetti in legno

Il modulo *PRO_CAD solai e tetti in legno* consente di eseguire le verifiche di solai di piano o di copertura in legno e di solai metallici con lamiera grecata e soletta collaborante in c.a.



PRO_SAP non esegue direttamente la progettazione di solai in legno e solai metallici ma è comunque possibile utilizzare un elemento solaio per modellare queste tipologie allo scopo di ripartire automaticamente i carichi dell'impalcato sulla struttura e, se necessario, modellare un piano rigido.

La finestra principale di PRO_CAD solai e tetti in legno

80,007 Sola (1999) (245599) [
General file DUF. Everyal verifical ordisimitation val.	
>14曲 风深或或或短 倍。	
Particolare del solaro in legno	
The diagon (1.29)	
Indext and the of CARS, some MIC	
100 Real	
: HEIDP	
129 18 129	
	11 14 14
Sezione trasversale	Secone longfudeale
Fisher Citety Fishering Citety	E Material
	E Carateristicke della adella
Casterdule multiple	Ceneral Anto (25/2)
W Sohara lagro samples	lenatus Battor
C Subject later consulation a collaborate restance constitution	196 MATELIACON (PL 2020)
the second se	
Children in the second state of the subdivision methods associated	
Cobel e legro con tavatato cobbossile naciones convertos de la convertos	

Nella finestra principale del modulo sono presenti i seguenti oggetti:

- La barra dei comandi di menù
- La finestra grafica: riporta un'anteprima dell'esecutivo del solaio ed è aggiornata in tempo reale in base ai dati inseriti dall'utente
- *Il riquadro Tipologia*: consente di specificare se si intende progettare un solaio di piano od un solaio di copertura
- *Il riquadro Orditura*: consente di specificare se il solaio ha un'orditura semplice o composta (il comando è attivo solo per i solai in legno)
- *Il riquadro Caratteristiche strutturali*: consente di specificare la tipologia di solaio da progettare a scelta tra solaio in legno semplice, solaio in legno con soletta collaborante in c.a., solaio in legno con tavolato collaborante e solaio metallico con lamiera grecata
- *Tipologia costruttiva*: attiva il contesto che contiene i comandi necessari per specificare la tipologia di solaio da verificare e le caratteristiche dei materiali costituenti gli elementi del solaio
- Dati geometrici: attiva il contesto che contiene i comandi necessari per specificare le caratteristiche geometriche del solaio e le sezioni degli elementi che lo compongono
- Carichi e ambiente: attiva il contesto che contiene i comandi necessari per assegnare i carichi al solaio, la durata dei carichi (solo per solai in legno) e le condizioni ambientali per le verifiche in esercizio (solo solai con soletta collaborante in c.a.)
- Lo spazio di inserimento dei dati: consente all'utente di inserire i dati necessari per le verifiche del solaio. I dati richiesti cambiano a seconda della tipologia di solaio selezionata e del contesto attivo

Progetto di solai in legno

Per progettare un solaio in legno i dati richiesti sono i seguenti:

Contesto Tipologia costruttiva

- Cornice Tipologia: è necessario specificare se è un solaio di piano o di copertura
- Cornice Orditura: attivo solo per solai di piano. Consente di specificare se l'orditura è semplice o composta
- *Materiali*: consente di specificare il materiale che costituisce le travi in legno scegliendolo dall'archivio. Per la tipologia con tavolato collaborante consente di specificare anche il materiale costituente il tavolato in legno
- *Caratteristiche soletta*: consente di specificare le caratteristiche della soletta in calcestruzzo: classe del calcestruzzo, tipo di acciaio delle barre di armatura, passo e diametro della maglia di armatura

• *Connettori*: attivo solamente per le tipologie con soletta in c.a. collaborante e con tavolato collaborante. Consente di specificare le caratteristiche dei connettori: con o senza preforatura, diametro, tipo di acciaio, lunghezza di infissione e passo. Consente inoltre di specificare se eseguire il calcolo della rigidezza dei connettori secondo Eurocodice 5 oppure secondo CNR-DT 206/2007

Contesto Dati geometrici

- *Dimensioni*: attivo solo per solai con orditura semplice. Consente di specificare la sezione delle travi, l'interasse, la luce netta del solaio, la lunghezza dell'appoggio, lo spessore della pavimentazione
- *Dimensioni orditura principale*: attivo solo per solai con orditura composta. Consente di specificare la sezione delle travi principali ed il loro interasse
- *Dimensioni orditura secondaria*: attivo solo per solai con orditura composta. Consente di specificare la sezioni dei travetti ed il loro interasse
- *Altre dimensioni*: attivo solo per solai con orditura composta. Consente di specificare la lunghezza dell'appoggio, lo spessore della soletta in c.a. e lo spessore della pavimentazione. Per la tipologia con tavolato collaborante consente di specificare anche lo spessore e la lunghezza utile del tavolato
- *Deformazioni massime*: consente di specificare i limiti da normativa per la freccia iniziale e per quella a tempo infinito

Contesto Carichi e ambiente

- Cornice Classe di servizio del legno: consente di specificare la classe di servizio per determinare il valore di kdef e di kmod
- Classe di durata del carico: consente di specificare la durata del carico per determinare il valore di kmod
- *Categoria carichi variabili*: consente di specificare la tipologia di carico variabile per determinare i coefficienti psi necessari a generare le combinazioni di calcolo
- *Cornice Carichi*: consente di specificare il valore del carico variabile e dei carichi permanenti compiutamente definiti e non compiutamente definiti agenti sul solaio espressi in daN/m².
- Cornice Coefficienti parziali per le azioni SLU: consente di specificare i coefficienti parziali di sicurezza da usare nelle combinazioni di calcolo (si veda la tabella 2.6.1 del D.M.2018)

Il comando *Esegui verifica* esegue le verifiche sul solaio e stampa automaticamente la relazione di calcolo. Il comando *Genera file dxf* esporta l'esecutivo del solaio in formato dxf.

Progetto di solai in acciaio

Per progettare un solaio metallico con lamiera grecata e soletta collaborante in c.a. i dati richiesti sono i seguenti:

Contesto Tipologia costruttiva

- *Materiali*: consente di specificare il materiale che costituisce le travi e la lamiera grecata scegliendoli dall'archivio. Per la tipologia con tavolato collaborante consente di specificare anche il materiale costituente il tavolato in legno
- *Modalità di realizzazione*: consente di specificare se il solaio è puntellato o meno. Nel caso consente di specificare anche la distanza tra i puntelli
- *Caratteristiche soletta*: consente di specificare le caratteristiche della soletta in calcestruzzo: classe del calcestruzzo, tipo di acciaio delle barre di armatura, passo e diametro della maglia di armatura

Contesto Dati geometrici

- *Dimensioni*: consente di specificare il profilo utilizzato per le travi, l'interasse, la luce netta del solaio, la lunghezza dell'appoggio, l'altezza totale del solaio
- Lamiera grecata: consente di definire la sezione della lamiera grecata
- *Deformazioni massime*: consente di specificare i limiti da normativa per la freccia iniziale e per quella a tempo infinito

Contesto Carichi e ambiente

- Ambiente verifiche SLE lamiere grecate: consente di specificare il tipo di ambiente per determinare l'ampiezza massima consentita da normativa per le fessure sul calcestruzzo
- Categoria carichi variabili: consente di specificare la tipologia di carico variabile per determinare i coefficienti psi necessari a generare le combinazioni di calcolo
- *Cornice Carichi*: consente di specificare il valore del carico variabile e dei carichi permanenti compiutamente definiti e non compiutamente definiti agenti sul solaio espressi in daN/m².
- Cornice Coefficienti parziali per le azioni SLU: consente di specificare i coefficienti parziali di sicurezza da usare nelle combinazioni di calcolo (si veda la tabella 2.6.1 del D.M.2018)

Il comando Esegui verifica esegue le verifiche sul solaio e stampa automaticamente la relazione di calcolo. Il comando Genera file dxf esporta l'esecutivo del solaio in formato dxf.

Verifiche dei tamponamenti

Se nel modello sono stati definiti degli elementi pannello è possibile eseguire automaticamente le verifiche di resistenza dei tamponamenti secondo quanto previsto al §7.2.3 del D.M.2018 per gli elementi non strutturali. Nel caso specifico dei tamponamenti in muratura la normativa impone di verificare che, in presenza di azioni sismiche, questi elementi non siano soggetti a ribaltamenti fuori dal piano.

PRO SAP offre la possibilità di eseguire le verifiche secondo due diverse modalità:

- a pressoflessione e per cinematismo
- con meccanismo ad arco con degrado di resistenza •

Pressoflessione e cinematismo (metodo tradizionale)

È il metodo più comunemente usato. Le verifiche possono essere eseguite secondo una delle seguenti ipotesi:

- il tamponamento sollecitato dal sisma è schematizzato come una trave semplicemente appoggiata sottoposta ad un carico concentrato posto in mezzeria
- il tamponamento sollecitato dal sisma è schematizzato come una trave semplicemente appoggiata • sottoposta ad un carico distribuito
- si ipotizza che sia possibile un cinematismo a seguito della formazione di tre cerniere plastiche sul tamponamento e si verifica la sicurezza confrontando il momento ribaltante con il momento stabilizzante



È consigliabile eseguire le verifiche considerando tutti e tre i possibili meccanismi.

Meccanismo ad arco con degrado di resistenza

È un metodo sviluppato dal Dipartimento ICEA - Università degli Studi di Padova sulla base dei risultati di un progetto di ricerca sperimentale, nel quale sono stati testati telai in c.a. tamponati con il sistema di Tamponatura Antiespulsione Poroton[®] sviluppato da Cis Edil s.r.l. con il supporto di Consorzio Poroton[®] Italia.

Lo studio e l'analisi delle prove sperimentali hanno permesso di identificare il meccanismo di rottura e di tararne le formule progettuali, considerando anche la riduzione di resistenza fuori piano dovuta al danneggiamento subito dalla tamponatura stessa per deformazioni nel piano.

Il meccanismo resistente, coerente con le risultanze sperimentali, è il meccanismo ad arco (Figura 1, sx) ampiamente conosciuto e documentato in ambito internazionale, proposto anche nell'Eurocodice 6. Il degrado della resistenza fuori-piano in funzione dello spostamento nel piano è stato investigato tramite apposite prove combinate nel-piano e fuori-piano, i cui risultati hanno permesso di giungere alla definizione e calibrazione di un coefficiente di riduzione (β_a) da utilizzare nella formulazione del meccanismo resistente ad arco (Figura 1, dx).

La resistenza fuori piano sviluppata dalla Tamponatura Antiespulsione Poroton[®] viene calcolata in termini di pressione laterale con la seguente formula:

 $p_R = 0.72 \beta_a f_d (t / h)^2$

f_d, resistenza a compressione di progetto della tamponatura;

- t, spessore della tamponatura;
- h, altezza della tamponatura;

 β_a , coefficiente riduttivo che considera il danneggiamento nel piano della tamponatura.



Figura 1 - Schema di meccanismo ad arco (Mosele e Bari, "Comportamento e verifica dei tamponamenti soggetti ad azioni sismiche", Murature Oggi n°2-2011) e Coefficiente di riduzione della resistenza fuori-piano in funzione dello spostamento nel-piano (da Porto, Guidi, Dalla Benetta, Verlato, "Ricerca sperimentale sul comportamento sotto azioni combinate nel piano - fuori piano di telai in C.A. con tamponamenti in laterizio semplice ed armato", Rapporto di Ricerca 2-2015, Dipartimento ICEA - Università degli Studi di Padova)

La verifica con meccanismo ad arco con degrado, confronta le pressioni sollecitanti (p_a) indotte dal sisma, con le pressioni resistenti (p_R) che la tamponatura sviluppa attraverso il meccanismo ad arco, considerando il degrado di resistenza dovuto al danneggiamento nel piano della tamponatura.

Il valore da assegnare al coefficiente riduttivo β_a si ottiene dal modello semplificato tarato sulla base dei dati sperimentali, riportato in Figura 1 (dx), a seconda che la Tamponatura Antiespulsione Poroton[®] venga messa in opera nella configurazione ordinaria o nella configurazione armata.

Il drift interpiano da impiegare per ricavare il coefficiente β_a può essere quello massimo riscontrato sul piano del fabbricato al quale si intende svolgere la verifica delle tamponature e può essere ricavato svolgendo un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta sul telaio nudo (la determinazione del drift interpiano si ottiene amplificando gli spostamenti dell'analisi lineare con la duttilità secondo quanto indicato al §7.3.3.3 delle NTC 2008).

Essendo questo metodo sviluppato appositamente per i sistemi di Tamponatura Antiespulsione Poroton[®] di Cis Edil e basato su dati sperimentali se ne consiglia l'adozione solo per verificare i prodotti CisEdil.

Proprietà degli elementi pannello

Gli elementi pannello possono essere utilizzati per assegnare automaticamente il carico del peso proprio dei tamponamenti alla struttura e per assegnare carichi semiautomatici (per esempio il vento o la spinta delle terre, si veda il capitolo 8 del manuale d'uso di *PRO_SAP*) o carichi manuali.

È anche possibile utilizzare gli elementi pannello per eseguire automaticamente le verifiche di resistenza degli elementi non strutturali come previsto dal §7.2.3 del D.M.2018

Generalità

- *Layer*: piano su cui risiede l'elemento pannello
- Usa come pannello: indica se l'elemento è un solaio oppure un pannello. Gli elementi verticali sono automaticamente riconosciuti come pannelli e gli elementi orizzontali sono automaticamente riconosciuti come solai
- *Materiale*: materiale del pannello. Viene utilizzato per calcolare il peso proprio del tamponamento e per le verifiche degli elementi non strutturali
- *Spessore*: spessore del pannello. Viene utilizzato per calcolare il peso proprio del tamponamento e per le verifiche degli elementi non strutturali

🗄 Generalità	
Layer	CILLING D
🗹 Litra conve pare el s	and a state of the second s
Mataviala	[1] Calcedrame Classe C25/30
Speciality	4.0 [um]
Medelle di carico	
Inclinations Orditors	98.0
Peco interiore	
Marca inferient	
% Bill regional 84	0
Dati di propetto	
Criterio di prospitte	[1] Criterio di progetto OMDS

Modello di carico

- Orditura: indica l'orditura dell'elemento pannello. 0 indica che il pannello è ordito in direzione parallela all'asse globale X od Y; 90 indica che il pannello è ordito in direzione parallela all'asse globale Z
- Peso inferiore: se l'opzione è attiva il carico del peso proprio del tamponamento verrà assegnato solo alla trave inferiore (opzione di default); se l'opzione non è attiva il carico verrà assegnato metà alla trave superiore e metà a quella inferiore
- Massa inferiore: se l'opzione è attiva, la massa sismica del tamponamento verrà assegnata solo alla trave inferiore; se l'opzione non è attiva la massa verrà assegnata metà alla trave superiore e metà a quella inferiore in modo da avere la quota della massa sismica in corrispondenza del baricentro del tamponamento (opzione di default)
- % bidirezionalità: permette di attivare l'orditura dei pannelli di tipo bidirezionale, cioè nella direzione definita (principale) e nella direzione perpendicolare a questa (secondaria).
 Il valore 0 genera un pannello perfettamente monodirezionale, un valore diverso da 0 genera un pannello bidirezionale della quota assegnata. La direzione principale di orditura è indicata dal simbolo con linea continua, quella secondaria dal simbolo con linea tratteggiata.

Dati di progetto

 Criterio di progetto: consente di specificare il criterio di progetto a cui fare riferimento per le verifiche di resistenza degli elementi non strutturali scegliendolo dall'apposito archivio

Gli elementi pannello non hanno mai rigidezza, vengono utilizzati solamente per assegnare carichi alla struttura.

Definizione dei criteri di progetto dei pannelli

La definizione dei criteri di progetto per la progettazione dei solai in latero-cemento, dei solai in XLAM e per le verifiche degli elementi non strutturali viene realizzata all'interno della *Tabella dei criteri di progetto* attivabile, in base al contesto in cui si opera, con le seguenti modalità:

- □ Se si opera nel contesto di Introduzione dei dati si utilizzano i seguenti comandi: Dati struttura ► Criteri di progetto ► Solai e pannelli
- □ Se si opera nel contesto di Assegnazione dati di progetto si utilizzano i seguenti comandi: Dati di progetto ► Criteri di progetto ► Solai e pannelli

Tamponatura antiespulsione Cisedil®

- *Tamponatura antiespulsione*: attiva le verifiche con meccanismo ad arco con degrado di resistenza previste per le tamponature di Cisedil[®]
- Tamponatura con armatura: indica se è utilizzato un tamponamento armato o meno. Questa opzione ha influenza sulla curva utilizzata per la determinazione del coefficiente riduttivo β_a

-	Elementi	non	strutturali

Tamponatura antiespulsione	
Tamponatura con armatura	
Fattore di struttura	2.0
Coefficiente gamma m	0.0
Periodo Ta	0.0
Altezza pannello	0.0 [cm]

- Fattore di struttura/comportamento: fattore di comportamento del tamponamento
- *Coefficiente gamma M*: coefficiente parziale di sicurezza per la muratura. Indicando 0 viene assunto automaticamente
- *Periodo Ta*: periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale (si veda §7.2.3 del D.M.2018). Indicando 0 viene calcolato automaticamente
- *Altezza pannello*: altezza del tamponamento. Indicando 0 viene automaticamente assunta in base alla geometria dell'elemento pannello

Tamponatura qualsiasi

- Metodo di verifica: consente di specificare quali meccanismi considerare per le verifiche del tamponamento
- Fattore di struttura/comportaqmento: fattore comportamento del tamponamento
- *Coefficiente gamma M*: coefficiente parziale di sicurezza per la muratura. Indicando 0 viene assunto automaticamente
- *Periodo Ta*: periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale (si veda §7.2.3 del D.M.2018). Indicando 0 viene calcolato automaticamente

di

• *Altezza pannello*: altezza del tamponamento. Indicando 0 viene automaticamente assunta in base alla geometria dell'elemento pannello

Tamponatura antiespulsione	
Metodo di verifica	
Fattore di struttura	✓ Pressoflessione con carico concentrato
Coefficiente gamma m	Pressoflessione con carico distribuito
Periodo Ta	Cinematismo con cerniere plastiche
Altezza pannello	

Esecuzione delle verifiche dei tamponamenti

Per eseguire le verifiche dei tamponamenti la procedura è la seguente:

- 1. Selezionare gli elementi pannello che si desidera progettare
- 2. Cliccare con il tasto destro all'interno della finestra grafica di *PRO_SAP*
- 3. Dal menù a puntatore usare il comando **Progetta ► Stati** *limite SLV*
- 4. Al termine delle verifiche è possibile controllare i risultati con i comandi presenti alla voce *Verifica tamponatura 7.2.3* nei menù *Pilastri cls s.l.* o *Acciaio s.l.* a seconda del tipo di struttura che si sta progettando

Controllo dei risultati delle verifiche dei tamponamenti

Il controllo dei risultati delle verifiche può avvenire usando i comandi presenti nel menù *Verifica tamponatura* 7.2.3 che l'accesso al menu dei seguenti comandi di controllo:

- *Stato di progetto*: permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dei tamponamenti <u>agli Stati Limite Ultimi</u> mediante colorazione, nel seguente modo:
 - colore giallo: elementi per cui non sono state eseguite le verifiche
 - o colore ciano: elementi verificati
 - o colore rosso: verifiche non soddisfatte
- Sfruttamento: il rapporto tra la sollecitazione e la resistenza nella peggiore delle verifiche effettuata sull'elemento. Il valore è normalizzato a 100 (ok se <100%)
- Valore Sa: accelerazione applicata all'elemento non strutturale
- Verifica pressoflessione carico concentrato: disponibile solo se nei criteri di progetto NON è attiva l'opzione Tamponatura antiespulsione. Risultato della verifica con l'ipotesi di trave semplicemente appoggiata con carico concentrato in mezzeria. Il valore indica il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza è quindi la verifica è positiva se il valore è < 1
- Verifica pressoflessione carico distribuito: disponibile solo se nei criteri di progetto NON è attiva l'opzione Tamponatura antiespulsione. Risultato della verifica con l'ipotesi di trave semplicemente appoggiata con carico distribuito. Il valore indica il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza è quindi la verifica è positiva se il valore è < 1
- Verifica cinematismo: disponibile solo se nei criteri di progetto NON è attiva l'opzione Tamponatura antiespulsione. Risultato della verifica con l'ipotesi di cinematismo del tamponamento a seguito della formazione di tre cerniere plastiche. Il valore indica il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza è quindi la verifica è positiva se il valore è < 1
- Drift interpiano %: valore dello spostamento medio di interpiano amplificato per μ_d
- Valore Beta a CisEdil: disponibile solo se nei criteri di progetto è attiva l'opzione Tamponatura antiespulsione. Valore del coefficiente riduttivo βa delle verifiche con il metodo CisEdil
- Verifica CisEdil: disponibile solo se nei criteri di progetto è attiva l'opzione Tamponatura antiespulsione. Risultato della verifica con il metodo CisEdil del meccanismo ad arco con degrado di resistenza. Il valore indica il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza è quindi la verifica è positiva se il valore è < 1

Wogetta	1	State Breaks SLV
Setta Rife mento		
Assegne Riferierko		
Accegne Ordihara (exist. di carico)		
Asiegne Offente		
Assegna Spessore		
Assegna Materials		
Assegna Layer		
Winashiptan	•	


Capitolo 23

Analisi dell'interazione terreno struttura: il Modulo geotecnico

Questo capitolo presenta una panoramica dei comandi e delle procedure per la definizione delle proprietà e la verifica del terreno di fondazione della struttura.

- Interazione terreno-struttura
- Definizione delle stratigrafie
- Procedura per la definizione di una stratigrafia
- La finestra principale di lavoro del modulo geotecnico
- Il menù impostazioni
- La finestra Proprietà
- Calcolo delle costanti di Winkler
- Procedura iterativa per il calcolo delle costanti di Winkler
- Calcolo della portanza delle fondazioni superficiali
- Calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali
- Calcolo della portanza delle fondazioni profonde
- Calcolo dei cedimenti delle fondazioni profonde
- Generazione della relazione di calcolo
- Note di teoria
- Uso delle combinazioni di carico di PRO_SAP
- Tabella codici di errore
- Bibliografia essenziale

Interazione terreno-struttura

PRO_SAP consente una dettagliata modellazione dell'interazione terreno-struttura mediante l'utilizzo del *Modulo geotecnico*.



Il *Modulo geotecnico* consente di definire delle stratigrafie ed in base a queste esegue automaticamente i seguenti calcoli:

- Costanti di Winkler per fondazioni superficiali
- Costanti di Winkler per fondazioni profonde
- Portanza del terreno di fondazione per fondazioni superficiali
- Cedimenti del terreno di fondazione per fondazioni superficiali
- Portanza del terreno di fondazione per fondazioni profonde
- Cedimenti del terreno di fondazione per fondazioni profonde

Definizione delle stratigrafie

Prima di poter eseguire i calcoli nel *Modulo geotecnico* è necessaria la definizione di un archivio di stratigrafie. Questo archivio può contenere anche più di una stratigrafia qualora il progetto della struttura lo richieda e può venire salvato per essere successivamente riutilizzato in altri modelli di *PRO_SAP*. I dati dell'archivio delle stratigrafie vengono conservati in un file con estensione .str che di default viene posizionato nella sottocartella *geo* contenuta nella cartella *nomefile_data* relativa al modello in analisi.

La creazione di un archivio di stratigrafie può avvenire secondo due modalità:

- 1. in *PRO_SAP*, nel contesto di *Introduzione dati*, utilizzando il comando **Dati struttura ► Analisi** geotecnica ► Definizione terreno.
- 2. direttamente all'interno del *Modulo geotecnico* con il comando *Stratigrafia*. Si deve accedere al *Modulo geotecnico* dal contesto di *Introduzione dati* utilizzando il comando *Dati struttura* ► *Analisi geotecnica* ► *Parametri strutturali*.



In entrambi i casi si accede alla finestra Stratigrafia terreno.

La finestra Stratigrafia terreno



La finestra *Stratigrafia terreno* contiene i comandi per la gestione degli archivi, quelli per definire le proprietà meccaniche dei terreni ed una finestra grafica dove è possibile generare la stratigrafia. **Comandi per la gestione degli archivi**



Nuova stratigrafia n. 1

Esci

- Nuovo archivio stratigrafia: avvia la creazione di un nuovo archivio
- Apri archivio stratigrafia: apre un archivio precedentemente salvato
- Salva archivio stratigrafia: salva i dati dell'archivio su cui si sta lavorando

•

- Importa database terreni: consente di accedere alla finestra Database terreni (si veda il paragrafo La finestra Database terreni)
- Nuova stratigrafia: aggiunge all'archivio una nuova stratigrafia
- Cancella stratigrafia: elimina la stratigrafia selezionata dall'archivio
- *Menù a tendina Seleziona stratigrafia*: consente di selezionare una stratigrafia tra quelle presenti nell'archivio
- Esci: esce dalla finestra Stratigrafia terreno

Cornice Archivio terreni

Mostra l'archivio dei terreni cioè tutti i terreni utilizzabili per definire la stratigrafia del modello in analisi. Questa cornice è dotata dei seguenti comandi:



Inserisci nuovo terreno in archivio: aggiunge un nuovo terreno all'archivio dei terreni

- Copia ed inserisci terreno in archivio: crea una copia del terreno selezionato tra quelli disponibili nell'archivio terreni e la aggiunge all'archivio stesso
- *Rimuovi dall'archivio i terreni inutilizzati*: elimina dall'archivio terreni tutti i terreni che non sono presenti in nessuna delle stratigrafie definite
- Sincronizza terreni in archivio con database: importa nel database i terreni presenti nell'archivio

Cornice Database terreni

Mostra il database dei terreni cioè l'elenco di tutti i terreni definiti dall'utente. Se l'utente non ha personalizzato il database con i propri terreni viene mostrato il database di terreni predefiniti di *PRO_SAP* realizzato sulla base di valori tipici delle caratteristiche meccaniche trovati in letteratura. Il database è personalizzabile all'interno della finestra *Database terreni* (si veda il paragrafo seguente *La finestra Database terreni*).

Comandi per la definizione delle caratteristiche meccaniche dei terreni

- Box codice terreno: riporta e consente di modificare il nome dello strato di terreno corrente
- Cornice caratteristiche meccaniche: riporta e consente di modificare le caratteristiche meccaniche dello strato di terreno corrente (si veda il paragrafo successivo La cornice Caratteristiche meccaniche)
- Barra di scorrimento dei retini: consente di selezionare il tratteggio con cui indicare lo strato di terreno all'interno della finestra grafica
- Applica le modifiche al terreno: rende effettive le modifiche apportate ai parametri meccanici del terreno

Se non si usa il comando *Applica le modifiche al terreno* le modifiche apportate ai parametri meccanici del terreno non hanno effetto.

Comandi della Finestra grafica



- Box Strato corrente: indica il numero dello strato di terreno corrente
- Box Spessore: consente di modificare lo spessore dello strato di terreno corrente
- Inserisci un nuovo strato superiore: aggiunge un nuovo strato di terreno al di sopra dello strato corrente
- Inserisci un nuovo strato inferiore: aggiunge un nuovo strato di terreno al di sotto dello strato corrente
- Cancella strato: elimina lo strato di terreno corrente
- Quota falda: consente di indicare la presenza della falda e, se il check è attivo, la quota a cui si trova

La finestra Database terreni

Cliccando sul comando *Importa database terreni* è possibile accedere alla finestra *Database terreni* che consente di modificare e personalizzare i terreni da utilizzare nella definizione delle stratigrafie. Il database non è legato ad un particolare modello e può essere utilizzato su più progetti. Se l'utente non ha definito un proprio database personalizzato e nel modello in analisi non è ancora stata definita una stratigrafia, viene caricato un database predefinito con alcuni terreni modellati sulla base dei valori tipici delle caratteristiche meccaniche presenti in letteratura. I dati del database predefinito di PRO_SAP sono salvati nel file *prototipo.trn* che è contenuto nella cartella C:\Programmi\PRO_SAP PROfessional SAP\data

Database terreni		
	🗋 😰 🥢 💷 Eni	
DATABASE TERRENI		
— 001) Lino argiteso — 002) Argita nole — 003) Sabbia linova compatta — 004) Sabbia sciolta	Sabbia compatta Comportanianio del terrano III Cond. chen. C. Cand. na dien. C. Ro	
- 005) Sabbia argiliosa compatta	Elfeto athionegativonei pali	
- 007) Ghinia a zabbio scisita 1992 Ghinia a schlara scisita	Pase spacefico (daN/crac) 0.001700	
- 005)Liso	Pero specifico seturo (deN/cmc) 0.002000	
— 01 0) Angila media — 01 1) Angila dura	Angolo diresistenza al taglio [7] 25	
012) Argila rilamosa	Esesone (dal Vonoj 0000	
Di strangina cappione	Cuesone non densistidati/cmg 0000	
	Madula edometrico (dal\/cmg) 200.000	
	Coefficiente di Posson A 0.347	
	Madula elestico (del\/cmg)	
	RGD (K)	
	Dennità relativa Dr (%) 50	
	Coet Adminie Pali Merenhol 💽 🗐 100	
Aggin graf antiviro conteste	Applicate nodifiche al terreno	
rototipo.tm	protolipa tin	

La finestra Database terreni contiene i seguenti comandi:

- 🔓 🥑 🔒 🗋 🧐 🥒
- Nuovo database: avvia la creazione di un nuovo database dei terreni
- Carica prototipo: apre il database predefinito di PRO_SAP, prototipo.trn
- Apri database: apre un database precedentemente salvato
- Salva database: salva i dati del database su cui si sta lavorando
- Nuovo terreno: aggiunge un nuovo terreno al database
- Copia terreno: aggiunge al database una copia del terreno selezionato
- Aggiungi all'archivio corrente: importa l'intero database nell'archivio del modello a cui si sta lavorando
- Cornice caratteristiche meccaniche: riporta e consente di modificare le caratteristiche meccaniche del terreno corrente (si veda il paragrafo successivo La cornice Caratteristiche meccaniche)
- Esci: esce dalla finestra Database terreni

La cornice Caratteristiche meccaniche

La cornice *Caratteristiche meccaniche* contiene le caratteristiche meccaniche del terreno e tutti i parametri necessari al modulo geotecnico per il calcolo delle costanti di Winkler e di portanza e cedimenti. Questa cornice è disponibile sia all'interno della finestra *Stratigrafia terreno* che in quella *Database terreni*.

CODICE TERRENO			
Sabbia sciolta			
Comportamento del terreno	_		
💿 Cond. dren. 🔿 Cond. no dren	n. 🔿 Roccia		
Effetto attrito negativo nei pali			
Peso specifico (daN/cmc)	0.001500		
Peso specifico saturo (daN/cmc)	0.001900		
Angolo di resistenza al taglio (*)	24		
Coesione (daN/cmq)	0.000		
Coesione non drenata (daN/cmq)	0.000		
Modulo edometrico (daN/cmq)	100.000		
Coefficiente di Poisson	0.372		
Modulo elastico (daN/cmq)	55.929		
RQD (%)	0		
Densità relativa Dr (%)	60		
Coeff. Adesione Pali Meyerhof	• 1.00		
· · · ·			
Applica le modifiche al ter	reno		

Sono disponibili i seguenti comandi:

- Box codice terreno: riporta e consente di modificare il nome dello strato di terreno corrente
- Cornice comportamento del terreno: consente di specificare se il terreno è in condizioni drenate, non drenate o se è una roccia
- *Effetto attrito negativo nei pali*: attivando questa opzione si tiene conto dell'attrito negativo sui pali nel caso di terreni compressibili
- Peso specifico: consente di assegnare il peso specifico del terreno inteso come il peso dell'unità di volume di terreno allo stato naturale. L'unità di misura sono i daN/cm²
- Peso specifico saturo: consente di assegnare il peso specifico saturo del terreno inteso come il peso dell'unità di volume di terreno nel caso in cui il grado di saturazione è Sr = 1.00. L'unità di misura sono i daN/cm²
- Angolo di resistenza al taglio: consente di assegnare l'angolo d'attrito interno del terreno. Il comando è attivo solo per terreni in condizioni drenate. L'unità di misura sono i gradi sessagesimali
- Coesione: consente di assegnare la coesione del terreno. Il comando è attivo solo per terreni in condizioni drenate. L'unità di misura sono i daN/cm²
- Coesione non drenata: consente di assegnare la coesione non drenata del terreno. Il comando è attivo solo per terreni in condizioni non drenate. L'unità di misura sono i daN/cm²
- Modulo edometrico: consente di assegnare il modulo edometrico del terreno. L'unità di misura sono i daN/cm²
- Coefficiente di Poisson: consente di assegnare il coefficiente di Poisson del terreno, inteso come il rapporto tra la deformazione assiale di compressione e la dilatazione trasversale. È possibile attivare un automatismo per il calcolo del coefficiente di Poisson tramite il comando A. Il calcolo automatico viene eseguito sulla base dell'angolo d'attrito del terreno e se viene utilizzato l'automatismo si

disabilita la possibilità di editare il valore del coefficiente, per apportare modifiche è necessario prima disattivare l'automatismo

- Modulo elastico: consente di assegnare il modulo elastico del terreno. È possibile attivare un automatismo per il calcolo del modulo elastico tramite il comando A. Il calcolo automatico viene eseguito sulla base del modulo edometrico e del coefficiente di Poisson del terreno e se viene utilizzato l'automatismo viene disabilitata la possibilità di editare il valore del coefficiente, per eseguire modifiche è necessario prima disattivare l'automatismo. L'unità di misura sono i daN/cm²
- *RQD*: consente di assegnare l'indice RQD, Rock Quality Designation. Questo indice è una misura della qualità di un ammasso roccioso calcolabile da esami sulla "carota" prelevata in situ. Il comando è attivo solamente per terreni rocciosi. Il valore è espresso in percentuale
- *Densità relativa D_r*: consente di assegnare il valore della densità relativa del terreno che è definita mediante l'indice dei vuoti naturale, l'indice dei vuoti massimo e l'indice dei vuoti minimo. Il valore è espresso in percentuale
- Coefficiente di adesione pali: consente di assegnare il coefficiente di adesione palo-terreno per il calcolo della portanza verticale per attrito laterale in presenza di coesione. Il menù a tendina consente di scegliere se inserire il valore manualmente da utente o se fare riferimento a dei valori presenti in letteratura. Sono disponibili le formulazioni dei seguenti autori: Caquot, Meyerhof, Whitaker, Woodward, Viggiani.
- Barra di scorrimento dei retini: consente di selezionare il tratteggio con cui indicare il terreno all'interno della finestra grafica.
- Applica modifiche al terreno: rende effettive le modifiche dell'utente ai parametri meccanici del terreno. Se non si preme questo pulsante le modifiche al terreno non vengono recepite.



Se non si usa il comando *Applica le modifiche al terreno* le modifiche apportate ai parametri meccanici del terreno non hanno effetto.

Procedura per la definizione di una stratigrafia

Per definire correttamente una stratigrafia è necessario seguire i seguenti passi:

- 1. accedere alla finestra *Stratigrafia terreno* con una delle due modalità esposte nei paragrafi precedenti
- 2. definire il database dei terreni o, se si dispone di un database già elaborato in precedenza, caricarlo utilizzando la finestra *Database terreni*
- 3. definire l'archivio dei terreni. È sufficiente trascinare i terreni di interesse dalla cornice *Database terreni* nella cornice *Archivio terreni*
- 4. definire il numero e lo spessore degli strati con i comandi *Aggiungi un nuovo strato inferiore*, *Aggiungi un nuovo strato superiore* e *Spessore*
- 5. assegnare i terreni agli strati trascinandoli dalla cornice Archivio terreni sullo strato di interesse
- 6. se necessario indicare la presenza della falda e la quota a cui si trova
- 7. se è necessario aggiungere un'altra stratigrafia all'archivio, usare il comando *Nuova stratigrafia* e ripetere le operazioni descritte nei punti da 3 a 6

La finestra principale di lavoro del modulo geotecnico

Nella finestra principale di lavoro sono contenuti i comandi e le procedure necessarie alla definizione delle caratteristiche del terreno e degli elementi di fondazione oltre che i comandi per la definizione delle impostazioni per il calcolo di costanti di Winkler, portanza e cedimenti.

La geometria degli elementi di fondazione e la profondità del piano di posa vengono importati automaticamente dal modello della struttura di *PRO_SAP*.



Nell'ambiente di lavoro del modulo geotecnico sono presenti una finestra grafica ed una barra di comandi che sono raggruppati nelle seguenti categorie:

- File
- Edita proprietà
- Visualizza
- Impostazioni e calcolo
- Relazione
- Risultati

Panoramica dei comandi

Comandi del gruppo File



Nel gruppo File ci sono i seguenti comandi per la gestione dei dati:

- Apri: consente di aprire dei calcoli geotecnici precedentemente salvati in un file .pvg
- Salva: salva i dati elaborati dal modulo geotecnico e li trasmette a PRO_SAP
- Salva con nome: salva i dati in un file .pvg per consentire di accedervi successivamente in modo indipendente da PRO_SAP

Comandi del gruppo Edita proprietà



Nel gruppo *Edita proprietà* ci sono i seguenti comandi di selezione e di modifica delle proprietà degli elementi di fondazione:

- Seleziona vicino: consente di selezionare un elemento di fondazione
- Seleziona con box: consente di selezionare più elementi di fondazione disegnando un box tenendo premuto il tasto sinistro del mouse. Disegnando il box da sinistra verso destra vengono selezionati solamente gli elementi compresi per intero nel box; disegnando da destra verso sinistra vengono selezionati gli elementi anche solo toccati dal box
- *Filtro selezione*: consente di applicare un filtro alla selezione degli elementi inibendo la selezione di alcune tipologie di elementi o consentendo la selezione di una sola tipologia di fondazione
- Seleziona tutto: consente di selezionare tutti gli elementi di fondazione presenti nel modello
- Deseleziona tutto: consente di deselezionare tutti gli elementi selezionati del modello
- Assegna proprietà: consente di assegnare agli elementi selezionati tutte od alcune delle proprietà memorizzate
- Acquisisci proprietà: apre la finestra che consente di editare le proprietà di un elemento. È necessario selezionare il comando e fare clic sull'elemento di fondazione di interesse. Per approfondire si veda il paragrafo La finestra Proprietà
- Informazioni sull'elemento: consente di visualizzare le proprietà di un elemento di fondazione. Selezionando il comando e cliccando su un elemento si accede alla finestra che riporta caratteristiche geometriche e meccaniche, profondità del piano di posa, e stratigrafia applicata. È anche possibile memorizzare le caratteristiche con il comando Setta riferimento per assegnarle tutte od in parte ad altri elementi di fondazione. Accedendo al modulo geotecnico dal contesto di visualizzazione risultati sono disponibili anche le sollecitazioni agenti sull'elemento per ogni combinazione di calcolo inserita nel modello di PRO_SAP.

Comandi del gruppo Visualizza



Visualizza

Nel gruppo Visualizza ci sono i seguenti comandi:

- Zoom finestra: permette di aumentare lo zoom su una parte di struttura. La parte di struttura di interesse va selezionata disegnando un rettangolo nella finestra grafica
- Allontana: diminuisce il livello di zoom sulla vista della finestra grafica
- Avvicina: aumenta il livello di zoom sulla vista della finestra grafica
- Vedi tutto: racchiude tutti gli oggetti presenti nella vista rappresentata nella finestra grafica
- Vista precedente: ripristina la vista precedente
- *Trascina*: permette di traslare la vista tenendo premuto il pulsante sinistro del mouse e spostando il puntatore

Comandi del gruppo Impostazioni e calcolo



Impostazioni e calcolo

Nel gruppo Impostazioni e calcolo ci sono i seguenti comandi:

- Stratigrafia: consente di accedere alla finestra Stratigrafia terreno
- *Impostazioni*: consente di impostare i parametri del calcolo sia per le fondazioni superficiali che per quelle profonde e di selezionare le combinazioni di calcolo da considerare tra quelle inserite nel modello di *PRO_SAP*. Consente inoltre di personalizzare i colori della finestra grafica, le unità di misura e le numerazioni. Per approfondire si veda il paragrafo *Impostazioni per il calcolo*
- *Calcolo*: lancia il calcolo. Se il *Modulo geotecnico* è stato lanciato dal contesto di *Introduzione dati* è attivo solamente il calcolo delle costanti di Winkler; se il *Modulo geotecnico* è stato lanciato dal contesto di *Visualizzazione risultati* sono attivi solamente il calcolo della portanza e quello dei cedimenti

Comandi del gruppo Relazione



Nel gruppo Relazione ci sono i seguenti comandi:

- *Relazione di calcolo*: consente di accedere alla finestra *Impostazione della relazione* per la stampa della relazione di calcolo. Si veda il paragrafo *Generazione della relazione di calcolo*
- Esporta immagini: esporta il contenuto della finestra grafica del modulo geotecnico in formato .jpg

Comandi del gruppo Risultati



Risultati

Nel gruppo Risultati ci sono i seguenti comandi:

- Winkler fondazioni superficiali: permette di controllare i risultati del calcolo delle costanti di Winkler per le fondazioni superficiali. Il comando è attivo solo quando si accede al *Modulo geotecnico* dal contesto di *Introduzione dati* e solo dopo che il calcolo delle costanti di Winkler per le fondazioni superficiali è stato eseguito. Sono disponibili i risultati *k verticale* e *k orizzontale*
- Portanza fondazioni superficiali: consente di controllare i risultati del calcolo della portanza per le
 fondazioni superficiali. Il comando è attivo solo quando si accede al Modulo geotecnico dal contesto
 di Visualizzazione risultati e solo dopo che il calcolo della portanza per le fondazioni superficiali è
 stato eseguito. È disponibile uno stato di progetto, una mappa dei risultati più gravosi sia per la
 portanza verticale che per lo scorrimento longitudinale che per lo scorrimento trasversale ed il
 dettaglio di tutte le verifiche per tutti gli elementi di fondazione per tutte le combinazioni di calcolo
- Cedimenti fondazioni superficiali: consente il controllo dei risultati del calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali. Il comando è attivo solo quando si accede al *Modulo geotecnico* dal contesto di *Visualizzazione risultati* e solo dopo che il calcolo dei cedimenti per le fondazioni superficiali è stato eseguito
- Winkler fondazioni profonde: permette di controllare i risultati del calcolo delle costanti di Winkler per le fondazioni profonde. Il comando è attivo solo quando si accede al Modulo geotecnico dal contesto di Introduzione dati e solo dopo che il calcolo delle costanti di Winkler per le fondazioni profonde è stato eseguito
- Portanza fondazioni profonde: consente di controllare i risultati del calcolo della portanza per le fondazioni profonde. Il comando è attivo solo quando si accede al Modulo geotecnico dal contesto di Visualizzazione risultati e solo dopo che il calcolo di portanza e cedimenti per le fondazioni profonde è stato eseguito. È disponibile uno stato di progetto, la mappa dei risultati più gravosi ed il dettaglio di tutte le verifiche per tutti gli elementi di fondazione per tutte le combinazioni di calcolo
- Cedimenti fondazioni profonde: consente il controllo dei risultati dei cedimenti delle fondazioni profonde. Il comando è attivo solo quando si accede al *Modulo geotecnico* dal contesto di *Visualizzazione risultati* e solo dopo che il calcolo dei cedimenti per le fondazioni profonde è stato eseguito

Impostazioni per il calcolo

Nel menù *Impostazioni*, contenuto nel gruppo *Impostazioni e calcolo* della barra dei comandi del *Modulo geotecnico*, è possibile personalizzare le opzioni per tutti i calcoli eseguiti dal *Modulo geotecnico* sia per quanto riguarda le fondazioni superficiali che per quanto riguarda le fondazioni profonde; selezionare le tipologie di combinazioni di calcolo da considerare nei calcoli e modificare la grafica della finestra principale.



Impostazioni per le fondazioni superficiali

Selezionando *Fondazioni superficiali* si accede alla finestra *Impostazioni fondazioni superficiali* nella quale è possibile specificare le teorie da utilizzare per il calcolo delle costanti di Winkler, della portanza e dei cedimenti delle fondazioni superficiali e personalizzare i coefficienti di sicurezza ed i parametri per il calcolo.

Poderco Coderent a Content di Winkler Parsentispo costante distico di Winkler Fatore di nonezzo del Carico Linite per le determinazione del Carico Applicato 210 Pocontuale Carico Linite per il calcole Carico Fictio in landacione compensato 751 Percentuale stato tensionele (21 20 C Moliplicative base fondazione 100 Valore mai: 6 di Winkle per stuazione effetemente agiste (310)
Parametri di calcolo delle tercenni verticali per la determinazione dei cadmenti vertical Hetado di calcolo terceni verticali Hetado di Vertergaand Metodo di Vertergaand Metodo di Mindin Spessore distanabile de consideren al foi del calcolo delle terceni e dei cadmenti Spessore dista deformable none do quota inconto Konolo di stato terceniate (2) 28
Metado di calcolo dui cadmenti I ^{on} Colcola de cedimenti con il metado dell'elevitoliti I ^{on} Colcola de cedimenti con il metado edonetico

Impostazioni per il calcolo delle costanti di Winkler

Per il calcolo delle costanti di Winkler è interessante solamente la prima cornice della cartella *Cedimenti e costanti di Winkler* chiamata *Parametri per costante elastica di Winkler* e contenente le seguenti voci:

- Fattore di sicurezza del Carico Limite per la determinazione del Carico Applicato: la costante di Winkler viene determinata come rapporto tra il carico applicato ed il cedimento netto. Il carico applicato è il rapporto tra il carico limite ed il fattore di sicurezza presente in questo box
- Percentuale Carico Limite per il calcolo Carico Netto in fondazione compensata: nel caso in cui il carico netto risulti negativo si parla di fondazione compensata: il peso del terreno spostato è maggiore del carico presente in fondazione. In questo caso, per determinare comunque le costanti di Winkler, si calcola il carico netto come prodotto tra il carico applicato e la percentuale carico limite

presente in questo box ed al termine del calcolo viene segnalato un *warning* di fondazione compensata

- Percentuale stato tensionale: è il rapporto espresso in percentuale tra σ_z e σ_{litostatica}. Questo parametro viene utilizzato per determinare l'altezza dello strato deformabile su cui viene calcolato il cedimento netto durante la fase di determinazione delle costanti elastiche di Winkler. Questa opzione è da utilizzarsi in alternativa a *Moltiplicatore base fondazione*
- *Moltiplicatore base fondazione*: coefficiente moltiplicativo della larghezza della fondazione per determinare l'altezza dello strato deformabile su cui viene calcolato il cedimento netto durante la fase di determinazione delle costanti elastiche di Winkler. Questa opzione è da utilizzarsi in alternativa a *Percentuale stato tensionale*
- Valore max K di Winkler per situazioni infinitamente rigide: nel caso in cui il terreno risulti infinitamente rigido, le costanti di Winkler vengono poste convenzionalmente pari a questo valore. L'unità di misura sono i daN/cm²

Impostazioni per le verifiche di portanza

Cornice Metodo di calcolo portanza – Terreni sciolti

- Hansen: calcola la portanza secondo la formulazione di Hansen
- Vesic: calcola la portanza secondo la formulazione di Vesic
- Brinch-Hansen: calcola la portanza secondo la formulazione di Brinch-Hansen
- *Eurocodice* 7: calcola la portanza secondo la formulazione presente sull'Eurocodice 7

Cornice Metodo di calcolo portanza – Roccia

- Terzaghi: calcola la portanza su roccia secondo la formulazione di Terzaghi
- Zienkiewicz: calcola la portanza su roccia secondo la formulazione di Zienkiewicz

Cornice Scelta dei fattori per il calcolo portanza

Questa cornice consente di specificare di quali fattori riduttivi tener conto nel calcolo della portanza delle fondazioni superficiali

- *Riduzione dimensioni per eccentricità*: se questa opzione è attiva, nel caso di carico eccentrico le dimensioni della fondazione vengono ridotte al fine del calcolo della portanza utilizzando le formule di Meyerhof
- Fattori di forma della fondazione: consente di considerare o meno i coefficienti s_q , s_c , s_γ
- Fattori di profondità del piano di posa: consente di considerare o meno i coefficienti d_q, d_c, d_y
- Fattori d'inclinazione del carico: consente di considerare o meno i coefficienti ia, ic, iy
- Fattori di punzonamento: consente di considerare o meno i coefficienti Ψ_q , Ψ_c , Ψ_{γ}
- Fattore correttivo per fondazioni tipo platea: consente di applicare o meno il fattore riduttivo r_γ di Bowles. È utile nel caso di fondazioni con basso rapporto B/D (per esempio le platee)

Cornice Coefficienti verifica scorrimento

- *Ca*:: parametro per determinare l'aderenza terreno-fondazione mediante l'utilizzo della coesione del terreno posto sotto la fondazione. Ca deve essere compreso tra 6 e 10 e si consiglia di impostare il valore 8
- *Delta*: parametro per determinare l'angolo d'attrito terreno-fondazione mediante l'utilizzo dell'angolo d'attrito del terreno posto sotto la fondazione. Delta deve essere compreso tra 5 e 10 e si consiglia di impostare il valore 7
- *Fattore di spinta passiva*: percentuale del valore della spinta passiva da considerare per la verifica a scorrimento. Si consiglia di non superare il 30%

Cornice Coefficienti inclinazione carico Hansen

- Alfa1: parametro per il calcolo di i_q con la teoria di Hansen. Alfa1 deve essere compreso tra 2 e 5
- Alfa2: parametro per il calcolo di i_{y} con la teoria di Hansen. Alfa2 deve essere compreso tra 2 e 5

Cornice Parametri di calcolo per portanza platee

- *Fattore di riduzione base*: la portanza viene calcolata con l'ipotesi di infinita rigidezza flessionale del macroelemento platea. Per non sovrastimare la portanza si può considerare una dimensione ridotta dell'impronta della macro platea. Il *Fattore di riduzione base* permette di ridurre la base della platea della percentuale indicata ai fini del calcolo della portanza
- *Fattore di riduzione lunghezza*: la portanza viene calcolata con l'ipotesi di infinita rigidezza flessionale del macroelemento platea. Per non sovrastimare la portanza si può considerare una dimensione ridotta dell'impronta della macro platea. Il *Fattore di riduzione lunghezza* permette di ridurre la lunghezza della platea della percentuale indicata ai fini del calcolo della portanza

Cornice Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE

- *Fattore di sicurezza "Fc" stat.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili da applicare al primo contributo della formula per il calcolo del carico limite nel caso statico
- Fattore di sicurezza "Fc" sism.: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili da applicare al primo contributo della formula per il calcolo del carico limite nel caso sismico
- *Fattore di sicurezza "Fq" stat.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili da applicare al secondo contributo della formula per il calcolo del carico limite nel caso statico
- Fattore di sicurezza "Fq" sism.: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili da applicare al secondo contributo della formula per il calcolo del carico limite nel caso sismico
- *Fattore di sicurezza "Fg" stat.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili da applicare al terzo contributo della formula per il calcolo del carico limite nel caso statico
- Fattore di sicurezza "Fg" sism.: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili da applicare al terzo contributo della formula per il calcolo del carico limite nel caso sismico

Cornice Coefficienti parziali di sicurezza "M2" per SLU

- *Fattore di sicurezza "tan(Fi)" stat*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo agli stati limite da applicare alla tangente dell'angolo di resistenza al taglio nel caso statico. Per approfondire si veda il paragrafo 6.2.3.1.2 del DM2008
- *Fattore di sicurezza "tan(Fi)" sism.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo agli stati limite da applicare alla tangente dell'angolo di resistenza al taglio nel caso sismico. Per approfondire si veda il paragrafo 6.2.3.1.2 del DM2008
- *Fattore di sicurezza "C" stat.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo agli stati limite da applicare alla coesione efficace nel caso statico. Per approfondire si veda il paragrafo 6.2.3.1.2 del DM2008
- *Fattore di sicurezza "C" sism.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo agli stati limite da applicare alla coesione efficace nel caso sismico. Per approfondire si veda il paragrafo 6.2.3.1.2 del DM2008
- *Fattore di sicurezza "Cu" stat.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo agli stati limite da applicare alla resistenza non drenata nel caso statico. Per approfondire si veda il paragrafo 6.2.3.1.2 del DM2008
- *Fattore di sicurezza "Cu" sism.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo agli stati limite da applicare alla resistenza non drenata nel caso sismico. Per approfondire si veda il paragrafo 6.2.3.1.2 del DM2008

Cornice Coefficienti parziali di sicurezza R per SLU

- *Portanza*: coefficienti parziali di sicurezza per il calcolo agli stati limite da utilizzare nel calcolo della capacità portante. Per approfondire si veda il paragrafo 6.4.2.1 del DM2008
- Scorrimento: coefficienti parziali di sicurezza per il calcolo agli stati limite da utilizzare nelle verifiche a scorrimento. Per approfondire si veda il paragrafo 6.4.2.1 del DM2008

Cornice Effetti inerziali - Fattori correttivi

- Fattori Z (teoria di Paolucci-Pecker): spuntando questa opzione si introducono nel calcolo della capacità portante i fattori correttivi z_q, z_c, z_γ calcolati secondo la teoria di Paolucci-Pecker
- determinazione automatica K_h: se questa opzione è attiva il modulo geotecnico usa il valore di K_h calcolato automaticamente da PRO_SAP; se l'opzione non è attiva l'utente può specificare manualmente il valore di K_h da adottare nei calcoli
- coefficiente sismico orizzontale "K_h": valore del coefficiente K_h da considerare nell'applicazione della teoria di Paolucci-Pecker. È possibile modificarlo solamente se non è attivata l'opzione determinazione automatica K_h
- Angolo d'attrito Fi piano di fondazione: valore di Fi da considerare nell'applicazione della teoria di Paolucci-Pecker

Impostazioni per il calcolo dei cedimenti

Per il calcolo dei cedimenti sono interessanti solamente la seconda e la terza cornice, *Parametri di calcolo delle tensioni verticali per la determinazione dei cedimenti verticali e Metodo di calcolo dei cedimenti* che contengono le seguenti voci:

Parametri di calcolo delle tensioni verticali per la determinazione dei cedimenti verticali

- Cornice Metodo di calcolo tensioni verticali: consente di specificare la teoria con cui calcolare le tensioni verticali necessarie al calcolo dei cedimenti delle fondazioni. È possibile utilizzare le teorie di Boussinesq, Westergaard, o Mindlin
- Cornice Spessore deformabile da considerare ai fini del calcolo delle tensioni e dei cedimenti: questa cornice consente di specificare lo spessore dello stato deformabile. È possibile indicare direttamente lo spessore in cm oppure specificare che corrisponda ad una data percentuale del rapporto tra σ_z e σ_{litostatica} (per esempio, impostando il 20% il programma si ferma alla quota per cui σ_z/σ_{litostatica} = 0.2)
- Cornice Metodo di calcolo dei cedimenti: consente di specificare se utilizzare il metodo dell'elasticità oppure il metodo edometrico per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali

Nelle *Note di teoria* è possibile approfondire il significato dei parametri e vedere le formulazioni delle teorie citate in questo paragrafo

Impostazioni per le fondazioni profonde

油

Selezionando *Fondazioni profonde* si accede alla finestra *Impostazioni fondazioni profonde* nella quale è possibile specificare le teorie da utilizzare per il calcolo delle costanti di Winkler, della portanza e dei cedimenti delle fondazioni profonde e personalizzare i coefficienti di sicurezza ed i parametri che intervengono nel calcolo



Impostazioni per il calcolo delle costanti di Winkler

Per il calcolo delle costanti di Winkler delle fondazioni profonde è necessario fare riferimento alla cartella *Cedimenti e costanti di Winkler* che contiene i seguenti comandi:

- Fattore di sicurezza del Carico Limite Verticale alla Punta per la determinazione della Portata Max: la costante di Winkler viene determinata come rapporto tra il carico applicato ed il cedimento netto. Il carico applicato è il rapporto tra il carico limite ed il fattore di sicurezza. In questo box è possibile specificare il fattore di sicurezza per il carico alla punta che serve a determinare il carico applicato
- Fattore di sicurezza del Carico Limite Verticale per attrito per la determinazione della Portata Max: per i pali di fondazione si suppone che vi siano due tipi di molle che lavorano in parallelo: una alla punta del palo, l'altra lungo il fusto che lavora per attrito che lavorano in parallelo e dunque che i contributi siano calcolabili separatamente. In questo box è possibile specificare il Fattore di sicurezza per il carico laterale per attrito che serve a determinare il carico applicato
- Percentuale stato tensionale: è il rapporto espresso in percentuale tra σ_z e σ_{litostatica}. Questo parametro viene utilizzato per determinare l'altezza dello strato deformabile su cui viene calcolato il

cedimento netto durante la fase di determinazione delle costanti elastiche di Winkler. Questa opzione è da utilizzarsi in alternativa a *Moltiplicatore base fondazione*

- Quota imposta dello strato: parametro che definisce l'altezza deformabile dello stato da considerarsi nel calcolo del cedimento netto
- Cornice Parametri per la costante elastica di Winkler Orizzontale "Ko": consente di specificare il metodo per il calcolo della costante di Winkler orizzontale scegliendo tra quello di Chiarugi-Maia e quello di Vesic

Impostazioni per le verifiche di portanza

- Cornice Opzioni per il calcolo della portanza verticale nei pali: consente di specificare se considerare nel calcolo della portanza solo il contributo alla punta del palo, solo il contributo lungo il fusto del palo oppure entrambi i contributi. Questa opzione ha effetto solo nelle verifiche di pali battuti o trivellati
- Cornice Opzioni per il calcolo della portanza verticale nei micropali: consente di specificare se considerare nel calcolo della portanza solo il contributo alla punta del palo, solo il contributo lungo il fusto del palo oppure entrambi i contributi. Questa opzione ha effetto solo nelle verifiche dei micropali

Cornice Metodi e parametri di calcolo della portanza verticale alla punta

- *Cornice Terreni sciolti*: consente di specificare la teoria con cui calcolare la portanza alla punta del palo. Sono disponibili le teorie di Meyerhof, Hansen, Zeevaert, Berezantzev, Vesic e Janbu
- Cornice Roccia: consente di specificare la teoria con cui calcolare la portanza alla punta del palo nel caso questa si trovi su un terreno roccioso. Sono disponibili le teorie di Terzaghi e Zienkiewicz
- *Riduzione di Kishida per pali battuti o trivellati*: spuntando questa opzione l'angolo di attrito del terreno viene ridotto ai fini del calcolo della portanza alla punta utilizzando le formule di Kishida
- *Riduzione della sigma litostatica metodo Vesic*: attivando questa opzione si introduce il coefficiente alfa riduttivo della pressione litostatica alla punta del palo calcolato con la formula di Vesic

Cornice Coefficienti di sicurezza per tensioni ammissibili, SLE

- *Sic. punta*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili che si applica al carico limite alla punta del palo.
- Sic. fusto: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili che si applica al carico limite lungo il fusto del palo
- *Sic. bulbo*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili che si applica al carico limite lungo il bulbo del palo. Viene utilizzato solamente nelle verifiche dei micropali
- *Sic. traz*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili che si applica nella verifica a trazione del palo
- *Sic. trasv*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili che si applica al carico limite in direzione trasversale all'asse del palo. Viene utilizzato solamente nelle combinazioni in cui il palo è sottoposto a sforzo di trazione
- *Sic. Car. Crit.*: coefficiente parziale di sicurezza per il calcolo alle tensioni ammissibili che si applica nella verifica per instabilità del palo per forze verticali

Cornice Resistenze di pali soggetti a carichi assiali

In questa cornice è possibile specificare il fattore di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate. Il valore, determinato in base alle indicazioni della tabella 6.4.IV presentata al paragrafo 6.4.3.1.1 del DM2008, deve essere compreso tra 1.21 ed 1.70. Per approfondire si faccia riferimento al paragrafo stesso del DM2008.

Cartella Coefficienti resistenza SLU per pali infissi

In questa cartella sono contenuti i valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_R necessari per ottenere la resistenza di progetto nel caso di pali infissi. I valori di questi coefficienti vengono assunti dalla tabella 6.4.Il presentata al paragrafo 6.4.3.1.1 del DM2008. Per approfondire si faccia riferimento al paragrafo stesso del DM2008.

Cartella Coefficienti resistenza SLU per pali trivellati

In questa cartella sono contenuti i valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_R necessari per ottenere la resistenza di progetto nel caso di pali trivellati a partire da quella caratteristica. I valori di questi coefficienti vengono assunti dalla tabella 6.4.II presentata al paragrafo 6.4.3.1.1 del DM2008. Per approfondire si faccia riferimento al paragrafo stesso del DM2008.



Nelle *Note di teoria* è possibile approfondire il significato dei parametri e vedere le formulazioni delle teorie citate in questo paragrafo

Selezione combinazioni

Con il comando Selezione combinazioni si accede alla finestra Combinazioni di calcolo nella quale è possibile specificare quale tipo di combinazioni utilizzare per le verifiche di portanza e per il calcolo dei cedimenti tra tutte quelle definite nella Tabella delle combinazioni di PRO_SAP. È possibile spuntare manualmente le tipologie di combinazioni da considerare ma sono anche disponibili i due comandi Default DM2008 e Default DM96 che consentono di selezionare automaticamente tutte le combinazioni che il DM2008 od il DM96 prescrivono di considerare nelle verifiche geotecniche agli stati limite ed alle tensioni ammissibili.



Preferenze generali

Selezionando *Preferenze generali* si accede alla finestra *Preferenze* nella quale è possibile personalizzare l'aspetto della finestra principale del *Modulo geotecnico*. In particolare è possibile selezionare i colori per lo sfondo della finestra grafica (scegliendo tra nero o bianco) e quelli con cui rappresentare gli elementi di fondazione. Da questa finestra è anche possibile impostare le unità di misura da utilizzare; attivare la visualizzazione della numerazione degli elementi di fondazione ed impostare il formato di esportazione delle immagini.

olore sfondo finestre grafiche	-	– Unità di misura per dati –
∩ Nero	Colori default	Lunghezze cm 💌 Forze daN 👻
] Colori		
Assi di riferimento	128; 128; 128	Numerazioni
Elementi	0; 128; 128	🛛 🔽 Elementi 🔽 Pali 🔽 Gruppi 🔽 Nodi
Elementi evidenziati	0; 255; 255	
Elementi selezionati	128; 0; 0	– Formato salvataggio immagini
Elementi selezionati ed (255; 0; 0	C BMP (alta qualità) • JPG (imp. compresse)
Nodi	255; 255; 0	and quality a star a (ing. compresse)
Testi	255; 147; 0	
Tratti rigidi elementi trav	0:255:0	Salua impostazioni Annulla OK

La finestra Proprietà

Selezionando il comando *Acquisisci proprietà* e cliccando su un elemento di fondazione è possibile accedere alla finestra che riporta le proprietà dell'elemento stesso. Questa finestra riporta dei dati diversi a seconda che si stia controllando una fondazione superficiale oppure una profonda.

Fondazioni superficiali

Per le fondazioni superficiali la finestra *Proprietà* è composta da una finestra grafica con lo schema della stratigrafia ed il disegno dell'elemento di fondazione ed una finestra di testo che riporta le informazioni sulla stratigrafia assegnata, la profondità del piano di posa, le dimensioni del singolo elemento selezionato e quelle complessive del macroelemento di cui fa parte.

Nella finestra grafica vengono anche disegnati il cuneo di rottura (il diagramma rosso nell'immagine sottostante) e lo strato deformabile (il diagramma blu nell'immagine sottostante):



All'interno di questa finestra è anche possibile modificare la stratigrafia applicata all'elemento scegliendola dall'archivio delle stratigrafie precedentemente definito e modificare la quota del piano di posa.

Il comando *Setta riferimento* memorizza le proprietà dell'elemento corrente per poterle applicarle successivamente ad altri elementi di fondazione. Se sono state precedentemente memorizzate proprietà, è possibile applicarle all'elemento in analisi con il comando *Assegna riferimento*.



La profondità del piano di posa è trasmessa al modulo geotecnico direttamente da PRO_SAP ed è calcolata sulla base della quota a cui si trovano i nodi della struttura. Per evitare discrepanze tra il modello della sovrastruttura e quello delle fondazioni si consiglia di non modificare la profondità del piano di posa ma di apportare modifiche direttamente nel modello di calcolo di *PRO_SAP*

Fondazioni profonde

Per le fondazioni profonde la finestra *Proprietà* riporta una finestra grafica con lo schema della stratigrafia applicata ed il disegno dell'elemento di fondazione ed una finestra di testo che contiene le informazioni riguardanti stratigrafia, lunghezza e diametro del palo.

	Setta riferimento	Assegna riferimento 🛛 🔀	
-			
Pi pa Lu Di St Pr Pr	roprietà elemento: n. 5 - ali: trivellati Inghezza pali: 300.0 cm ametro palo: 20.0 cm tratigrafia corrente: Jova stratigrafia nº 1 ofondità: 1600.0 cm ofondità falda: 300.0 cn	Palo singolo - Tipologia	
Ξ	Proprietà	04341	
	Stratigrafia	UT) Nuova stratigrafia n' T 💌	
	Prof. rondazione (cm)	100	
	Tipologia Gruppo di appartenenza n.	Trivellato 🗾	
	Tratto svettante (cm)	0	
	Materiale pali: Mod. elast. (daN/cmq) Peso spec. (daN/cmc)	250000 0,0025	
🖂 Tipologia vincoli pali:			
	Testa svinc. fless.	Γ	
	Piede vinc. rotaz.	Γ	
	Piede vinc. trasl. orizz.	Γ	
	Piede vinc. trasl. vert.		
	Coefficienti d'efficienza	ı pali:	
	Eff. Car. Lim. assiale	1.000 <u>Auto</u>	
	Eff. Car. Lim. assiale	1.000	
	Eff. Car. Lim. assiale	1.000	

All'interno di questa finestra è possibile modificare la stratigrafia assegnata agli elementi e la profondità della fondazione (intesa come piano di posa del plinto nel caso di plinto su pali).

La finestra delle proprietà consente di indicare la tipologia di palo: a seconda che si selezioni palo trivellato, battuto o micropalo il programma usa differenti formule e coefficienti di sicurezza per le verifiche geotecniche.

È anche possibile modificare modulo elastico e peso specifico del materiale di cui è composto il palo, gli svincoli in testa ed i vincoli alla base e, se necessario, indicare un tratto svettante.

Tra le proprietà è presente il numero del gruppo di pali per indicare l'appartenenza del palo corrente ad un gruppo di pali e tenere conto dell'effetto di gruppo nelle verifiche di portanza mediante i coefficienti di efficienza.

Il comando Setta riferimento memorizza le proprietà (stratigrafia e profondità della fondazione) di questo elemento per applicarle successivamente ad altri elementi di fondazione. Se sono state precedentemente memorizzate proprietà, è possibile applicarle all'elemento in analisi con il comando Assegna riferimento.



La profondità della fondazione è trasmessa al modulo geotecnico direttamente da PRO SAP ed è calcolata sulla base della quota a cui si trovano i nodi della struttura. Per evitare discrepanze tra il modello della sovrastruttura e quello delle fondazioni si consiglia di non modificare la profondità delle fondazioni ma di apportare modifiche direttamente nel modello di calcolo di PRO_SAP. Si consiglia anche di modificare materiale, svincoli, vincoli e coefficienti d'efficienza nell'archivio delle fondazioni di PRO SAP perché ad ogni apertura del Modulo geotecnico vengono ripristinati i valori presenti nell'archivio delle fondazioni.

Calcolo delle costanti di Winkler

Il modulo geotecnico permette di calcolare in modo automatico, sulla base delle stratigrafie definite nell'apposito archivio, le costanti di Winkler sia per le fondazioni superficiali che per le fondazioni profonde. Una volta eseguito il calcolo e salvati i dati, il valore numerico delle costanti di Winkler calcolato viene automaticamente trasmesso a PRO_SAP e aggiornando le proprietà degli archivi delle fondazioni.

Fondazioni superficiali

La procedura per eseguire il calcolo delle costanti di Winkler per le fondazioni superficiali è la seguente:

- 1. controllare e, se necessario, modificare le opzioni per il calcolo nella finestra Impostazioni fondazioni superficiali
- 2. lanciare il calcolo con il comando Impostazioni e calcolo
 Calcolo
 Costante Winkler Fondazioni superficiali
- 3. dopo aver lanciato il calcolo compare la finestra Elaborazione costanti di Winkler per fondazioni superficiali che presenta la barra di avanzamento dell'operazione ed il report che segnala le operazioni in corso oltre che eventuali errori nel calcolo o warning
- 4. controllare il report del solutore per verificare la presenza di eventuali errori nel calcolo
- 5. se il solutore non segnala errori nel calcolo passare al controllo dei risultati del calcolo con i comandi contenuti nel menù Costanti di Winkler fondazioni superficiali presente nel gruppo di comandi Risultati

Risultati del calcolo delle costanti di Winkler per le fondazioni superficiali

Al termine del calcolo, se il solutore non ha riscontrato errori, si attivano i comandi del menù Costanti di Winkler fondazioni superficiali per il controllo dei risultati. Per le fondazioni superficiali sono presentati separatamente i dati per le costanti verticali e quelli per le costanti orizzontali. In entrambi i casi, attivando il risultati, nella finestra grafica viene riportata la mappa colorata che presenta i valori della costante di Winkler per ogni elemento di fondazione. Nella parte destra compare la tabella che riporta per ogni elemento di fondazione il valore numerico della costante di Winkler ed i risultati parziali.

6	R watcale	R Million verticales
	1048 (Swill 02275 02274 02204 02204	Honhoethi Taano x all Kivet Da Apat Darteets Catteets Tage 255grupt Preferens Barroes Barroes Barroes de 19 Jan 1927 2011 2021 10221 10221 10221 Barroests Case x 47
	02002	CVot Locked Griefe Cellete SanZbyrit Peterde Advise Advise Batters on 16 m 1217 1214 2234 10322 1428. 2114
	0.2270 0.2270 0.2289	Dersettic Torne 1, 44 Visit, Carlopt Carlotte, Castlant, Bajatzbags 14, Holmina Malane, Affanz, on K. en 1235 2362 2362 9300 (4,1% 2413
	1.03	Dementio Taine 4. 43 Kvort. Dar-Appt Tarrindo Continenti Oper/255grt18. Professio dell'one dell'ore bell'ore, ce 9 5 01 8221 2.282 2.290 70291 1438 813.2
		Demonstractioners 50 Const. Exclusion: Cartonia Castonia Agentitiopolicie Mathema Mathema Safform; con 20, m 2027 2,2174 2,224 50,022 14,276 2433
		Domostic Tamo e 13 El vet Car Act, Car Melo Catiledo Iliget 25grs 2 Profestille Barrano, amisora, antrono, coi N. Jan El 27 2 251 2 251 40.027 1 EM 1913
		Hernesteit Taxwell, UJ S.Verd. Koskapt. Geslands. Cestilents. Sign:270pro.pt. Hechonitis Malitano. Antiferro. Antiferro. cm. Nr. em. 12310. 2342. 2342. 2343. 1415.
		Demonstratic Topology 5, 53 Kristel, Galariana Galariana, Galariana, Bargara Markana, Antonio, Antonio
		Benearts/Toxon a Sa Crist, Eur-Josi Darlate, Estilate Sant/25ansia, Performa Salton: Salton: Salton: Cit. 59, 59 2228 July 200 Cit. 5, 59
		Demonstration and the second statement of the second s
		Burnorte: Telec 4, 59 Kvet, Da Acol La Meter, Cachelli, Signi Zólys II, Pritardia Barrano, Mitroco Martano, on B, Jay 1977 - 2016, 5 2524 - 60221 - 1249 Bill B
		Rements Tops 4. 17

In tabella sono riportati i seguenti valori:

- Elemento: riporta tipologia e numero dell'elemento di fondazione a cui fanno riferimento i risultati
- *K verticale/K orizzontale*: valore della costante elastica di Winkler verticale od orizzontale a seconda del risultato selezionato
- Carico netto: valore della pressione esercitata dalla fondazione meno la pressione litostatica
- Cedimento netto: il valore del cedimento edometrico dovuto all'applicazione del carico netto alla quota di imposta della fondazione
- SigmaZ/SigmaLitos.: è il rapporto espresso in percentuale tra σ_z e σ_{litostatica}. Questo parametro è utile per verificare se la profondità dello strato deformabile presa in considerazione è sufficiente ai fini del calcolo del cedimento
- *Profondità*: profondità dello strato deformabile presa in considerazione per il calcolo del cedimento netto

Fondazioni profonde

La procedura per eseguire il calcolo delle costanti di Winkler per le fondazioni superficiali è la seguente:

- 1. controllare e, se necessario, modificare le opzioni per il calcolo nella finestra Impostazioni fondazioni profonde
- 2. lanciare il calcolo con il comando Impostazioni e calcolo ► Calcolo ► Costante Winkler Fondazioni profonde
- 3. dopo aver lanciato il calcolo compare la finestra *Elaborazione costanti di Winkler per fondazioni profonde* che presenta la barra di avanzamento dell'operazione ed il report che segnala le operazioni in corso oltre che eventuali errori nel calcolo o warning
- 4. controllare il report del solutore per verificare la presenza di eventuali errori nel calcolo
- 5. se il solutore non segnala errori nel calcolo passare al controllo dei risultati del calcolo con i comandi contenuti nel menù *Costanti di Winkler fondazioni profonde* presente nel gruppo di comandi *Risultati*

Risultati del calcolo delle costanti di Winkler per le fondazioni profonde

Al termine del calcolo, se il solutore non ha riscontrato errori, si attiva il comando *Costanti di Winkler fondazioni profonde* che consente di controllare i risultati del calcolo. Cliccando su questo comando si apre una finestra dove si possono scorrere i risultati della costante verticale ed orizzontale per ogni singolo palo dalla base fino in sommità. In questa finestra per ogni palo sono riportati anche i valori caratteristici di portata massima, cedimento e percentuale stato tensionale utilizzati nel calcolo.



In tabella sono riportati i seguenti valori:

- Elemento: riporta tipologia e numero dell'elemento di fondazione a cui fanno riferimento i risultati
- *Portata max*: valore della portanza del palo data dalla somma del contributo alla punta con quello per attrito laterale
- Cedimento: il valore del cedimento dovuto all'applicazione del carico netto
- *Profondità*: profondità dello strato deformabile presa in considerazione per il calcolo del cedimento netto
- SigmaZ/SigmaLitos.: è il rapporto espresso in percentuale tra σ_z e σ_{iitostatica}. Questo parametro è utile per verificare se la profondità dello strato deformabile presa in considerazione è sufficiente ai fini del calcolo del cedimento
- *K verticale*: valore della costante elastica di Winkler verticale alla punta
- *Punto*: punto di controllo posto lungo il fusto del palo
- Profondità: profondità del punto di controllo
- K orizzontale: valore della costante elastica di Winkler orizzontale in corrispondenza del punto di controllo
- K verticale: valore della costante elastica di Winkler verticale in corrispondenza del punto di controllo

Procedura iterativa per il calcolo delle costanti di Winkler

La costante di Winkler viene determinata come rapporto tra il carico applicato ed il cedimento netto. Accedendo al *Modulo geotecnico* dal contesto di *Introduzione dati* non si conosce il carico applicato poiché

non è ancora stata eseguita l'analisi della struttura e quindi, al fine di determinare le costanti elastiche di Winkler, il *Modulo geotecnico* esegue una stima del carico applicato per mezzo del *Fattore di sicurezza del Carico Limite*.

Trattandosi di una stima può capitare che il valore così determinato delle costanti di Winkler sia eccessivamente conservativo. Per ovviare a questo problema è possibile applicare una procedura iterativa per il calcolo delle costanti di Winkler per poter utilizzare il valore vero del carico applicato anziché la sua stima. La procedura iterativa si articola nei seguenti passi:

- 1. accedere al Modulo geotecnico dal contesto di Introduzione dati
- 2. determinare un valore della costante di Winkler di primo tentativo
- 3. nei risultati relativi ai k di Winkler, controllare il valore del carico applicato
- 4. salvare i dati ed uscire dal Modulo geotecnico
- 5. eseguire l'analisi della struttura
- 6. in PRO_SAP, controllare le pressioni sul terreno in una combinazione in SLE
- controllare che le pressioni sul terreno calcolate da PRO_SAP coincidano con il carico applicato calcolato dal Modulo geotecnico; se i due valori sono molto diversi, è necessario modificare il fattore di sicurezza FS
- 8. tornare nel contesto di Introduzione dati ed accedere al Modulo geotecnico
- 9. inserire il nuovo valore del *Fattore di sicurezza del Carico Limite* nella finestra *Impostazioni per fondazioni superficiali* nel box *Fattore di sicurezza del Carico Limite per la determinazione del Carico Applicato* presente nella cartella *Cedimenti e costanti di Winkler*
- 10. ripetere il calcolo delle costanti di Winkler
- 11. rieseguire l'analisi della struttura
- 12. se necessario ripetere i punti dal 3 all'11

La procedura dovrebbe convergere in due o tre tentativi.

Verifiche di portanza delle fondazioni superficiali

Accedendo al *Modulo geotecnico* dal contesto di *Visualizzazione risultati* è possibile accedere ai comandi che permettono di eseguire le verifiche di portanza sia per le fondazioni superficiali che per quelle profonde. La procedura per eseguire le verifiche di portanza delle fondazioni superficiali è la seguente:

- 1. controllare e, se necessario, modificare le opzioni per il calcolo nella finestra *Impostazioni fondazioni* superficiali
- 2. lanciare il calcolo con il comando *Impostazioni e calcolo* ► *Calcolo* ► *Portanza fondazioni superficiali*
- 3. dopo aver lanciato il calcolo appare la finestra *Elaborazione portanza fondazioni superficiali* che presenta la barra di avanzamento dell'operazione ed il report che segnala le operazioni in corso oltre che eventuali errori nel calcolo o warning
- 4. controllare il report del solutore per verificare la presenza di eventuali errori nel calcolo o di elementi non verificati
- 5. se il solutore non segnala errori nel calcolo procedere al controllo dei risultati con il comando *Portanza fondazioni superficiali.*

Risultati delle verifiche di portanza delle fondazioni superficiali

Stato di progetto

Riporta la mappa dello stato di verifica degli elementi di fondazione. In rosso gli elementi non verificati, in ciano quelli verificati, in grigio gli elementi non calcolati.



Portanza verticale – Valore massimo

Visualizza la mappa delle verifiche più gravose per ogni elemento





La tabella riporta i seguenti valori:

- *Elemento*: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo che coincide con il numero assegnato nel modello della struttura in *PRO_SAP*
- *Qmax*: il valore del carico massimo agente sull'elemento di fondazione
- Qlim: il valore del carico limite per l'elemento di fondazione
- Rapporto di verifica: il rapporto Q_{max}/Q_{lim}. Se questo valore è < 1 l'elemento di fondazione è verificato ed a fianco del valore numerico del rapporto di verifica viene riportata la scritta Ok. Viceversa, se questo valore è > 1 l'elemento di fondazione non è verificato e viene riportata la dicitura N.V.
- *Numero e tipo combinazione*: riporta il numero e la tipologia della combinazione di calcolo con la quale sono stati calcolati i risultati presenti in tabella. Si tratta della combinazione più gravosa per l'elemento di fondazione in questione

Portanza verticale – Tutti i risultati

Riporta in tabella i valori delle verifiche di portanza per ogni elemento di fondazione per ognuna delle combinazioni di calcolo considerate. L'elemento corrente viene evidenziato nella finestra grafica.





- *Elemento*: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo che coincide con il numero assegnato nel modello della struttura in *PRO_SAP*
- *Cmb*: riporta il numero della combinazione di calcolo
- *Tipo*: riporta il tipo di combinazione di calcolo
- Qlim c: riporta il contributo relativo alla coesione nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante. Se il calcolo è stato eseguito alle tensioni ammissibili questo valore corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile. L'unità di misura sono i daN/cm²
- Qlim q: riporta il contributo relativo al sovraccarico nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante. Se il calcolo è stato eseguito alle tensioni ammissibili questo valore corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile. L'unità di misura sono i daN/cm²
- Qlim g: riporta il contributo relativo al peso proprio del terreno nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante. Se il calcolo è stato eseguito alle tensioni ammissibili questo valore corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile. L'unità di misura sono i daN/cm²
- *Qres P*: riporta il valore della capacità portante relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Tale valore risulta non nullo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo. Se il calcolo è stato eseguito alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile
- *Qlim*: riporta il valore del carico limite per l'elemento di fondazione. È dato dalla somma dei tre contributi Q_{lim, c}, Q_{lim, q} e Q_{lim, g}
- *Qmax*: il valore del carico in fondazione per la combinazione considerata
- Qmax/Qlim: riporta il rapporto Qmax/Qlim. Se questo valore è < 1 l'elemento di fondazione è verificato per la combinazione in questione, viceversa se questo valore è > 1 l'elemento di fondazione non è verificato

Scorrimento longitudinale – Valore massimo

Visualizza la mappa delle verifiche di scorrimento longitudinale più gravose per ogni elemento di fondazione



Demonto: Trave n. 46		
nL/TLime = 2962.17188885.8 = 0,101 Ok	(Cmb 64	SLVAI sam [
Elemento: Tonve 6, 47		
TL/TLW% = 2927.7.115682.8 = 0.187.08	KORID (14	8LV-11 (5889)
Betwelk: Tigve 6, 45		
TL/TLine = 2632 4/132547 4 = 0.197 Ok	(Cerib 20	SLVAI shee!
Environte: Trave n. 49		
FL/TLine = 2881.8113423.8 = 0,108 Gk	(Cmb 30	SCV/risem)
Barnesto: Taave n. 50		
n_/mlave = 2978 #119687.7 = 0.188 OK	CE0.19	BLV AT 64949]
Demonika Trave A. 51		
T./TLine = 2078 5415034.7 = 0.187 (06	Cmb 15	SLVAT states.)
Diamontes Teave N. 52		
C/TLBR = 2835 73 12245 1 = 0,158 Gk	(Cmb 32	SLV AI amm.
Betreak: Trave #, 55		
IL/TLRe = 2614.8313178.4 = 0,188 OA	KFI0.32	BLV AT SISHLI
Demonitor Trave A: 54		
TL/TLB# = 2523 E113788 E = 0,188 CH	(Cerb 32	BLV AT SHIME
Domento: Trave n. 55		
TL/TLine = 2043.8313006.8 = 0,165 GB	(Cerib 32	SLV A1 20091
Bennee to: Trave n. 56		
N_/TLWN = 2715.K) 18385.E = 0,166.OK	IC840.07	8UV A1 58949 [
Elemente Trave n. 57		
L/TLN: +2004.7/104713 - 0.103 08	(Cele 01	SUVAT states

Elemento: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo che coincide con il numero assegnato nel modello della struttura in PRO_SAP

eria loter

1100 L 190 UT

> **Trick** 100

- TL: riporta il valore del taglio sull'elemento di fondazione in direzione parallela allo sviluppo • longitudinale dello stesso
- TLlim: riporta il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela allo sviluppo . longitudinale dell'elemento
- Rapporto di verifica: riporta il rapporto TL/TLim. Se questo valore è < 1 l'elemento di fondazione è • verificato ed a fianco del valore numerico del rapporto di verifica viene riportata la scritta Ok. Viceversa, se questo valore è > 1 l'elemento di fondazione non è verificato e viene riportata la dicitura N.V.
- Numero e tipo combinazione: riporta il numero e la tipologia della combinazione di calcolo con la . quale sono stati calcolati i risultati presenti in tabella. Si tratta della combinazione più gravosa per l'elemento di fondazione in questione

Scorrimento longitudinale – Tutti i risultati

Riporta in tabella i valori delle verifiche di scorrimento longitudinale per ogni elemento di fondazione per ognuna delle combinazioni di calcolo considerate. L'elemento corrente viene evidenziato nella finestra grafica.



- *Elemento*: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo che coincide con il numero assegnato nel modello della struttura in *PRO_SAP*
- *Cmb*: riporta il numero della combinazione di calcolo
- *Tipo*: riporta il tipo di combinazione di calcolo
- *TL*: riporta il valore del taglio sull'elemento di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dello stesso
- *TLlim*: riporta il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- *TL/TLlim*: riporta il rapporto TL/TL_{lim}
- Stato: riporta l'esito della verifica. Se TL/TL_{lim} < 1 l'elemento di fondazione è verificato per la combinazione in questione e viene riportata la dicitura Ok, viceversa se questo valore è > 1 l'elemento di fondazione non è verificato e viene riportata la dicitura N.V.

Scorrimento trasversale – Valore massimo

Visualizza la mappa delle verifiche di scorrimento trasversale più gravose per ogni elemento di fondazione.



La tabella riporta i seguenti valori:

- *Elemento*: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo che coincide con il numero assegnato nel modello della struttura in *PRO_SAP*
- *TB*: riporta il valore del taglio sull'elemento di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dello stesso
- *TBlim*: riporta il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela alla sezione trasversale
- Rapporto di verifica: riporta il rapporto TB/TB_{lim}. Se questo valore è < 1 l'elemento di fondazione è verificato ed a fianco del valore numerico del rapporto di verifica viene riportata la scritta Ok. Viceversa, se questo valore è > 1 l'elemento di fondazione non è verificato e viene riportata la dicitura N.V.
- *Numero e tipo combinazione*: riporta il numero e la tipologia della combinazione di calcolo con la quale sono stati calcolati i risultati presenti in tabella. Si tratta della combinazione più gravosa per l'elemento di fondazione

Scorrimento trasversale – Tutti i risultati

Riporta in tabella i valori delle verifiche di scorrimento trasversale per ogni elemento di fondazione per ognuna delle combinazioni di calcolo considerate. L'elemento corrente viene evidenziato nella finestra grafica.





- *Elemento*: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo che coincide con il numero assegnato nel modello della struttura in *PRO_SAP*
- *Cmb*: riporta il numero della combinazione di calcolo
- *Tipo*: riporta il tipo di combinazione di calcolo
- *TB*: riporta il valore del taglio sull'elemento di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dello stesso
- *TBlim*: riporta il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- TB/TBlim: riporta il rapporto TB/TBlim
- Stato: riporta l'esito della verifica. Se TB/TB_{lim} < 1 l'elemento di fondazione è verificato per la combinazione in questione e viene riportata la dicitura Ok, viceversa se questo valore è > 1 l'elemento di fondazione non è verificato e viene riportata la dicitura N.V.

Calcolo dei cedimenti per le fondazioni superficiali

Accedendo al *Modulo geotecnico* dal contesto di *Visualizzazione risultati* è possibile accedere ai comandi che permettono il calcolo dei cedimenti per le fondazioni superficiali.

La procedura per il calcolo è la seguente

- 1. controllare e, se necessario, modificare le opzioni per il calcolo nella finestra *Impostazioni fondazioni superficiali*. In particolare specificare se eseguire il calcolo dei cedimenti con la teoria dell'elasticità o con il metodo edometrico
- 2. lanciare il calcolo con il comando *Impostazioni e calcolo* ► *Calcolo* ► *Cedimenti fondazioni superficiali*
- 3. dopo aver lanciato il calcolo appare la finestra *Elaborazione cedimenti fondazioni superficiali* che presenta la barra di avanzamento dell'operazione ed il report che segnala le operazioni in corso oltre che eventuali errori nel calcolo o warning
- 4. controllare il report del solutore per verificare la presenza di eventuali errori nel calcolo o di avvisi
- 5. se il solutore non segnala errori nel calcolo procedere al controllo dei risultati con il comando *Cedimenti fondazioni superficiali*.



Il solutore al termine delle analisi controlla l'entità dei cedimenti calcolati. Se i cedimenti sono nulli, o talmente piccoli da poter essere considerati tali, restituisce il seguente avviso:

Attenzione! Elemento Trave n. 57 ha nodi con pressioni nulle (*).

(*)Attenzione, non si tratta di un errore di calcolo, ma di un avvertimento che negli elementi segnalati potrebbero esserci nodi vincolati o combinazioni in cui la pressione trasmessa dalla struttura è inferiore alla pressione litostatica o nulla.

Non si tratta di un errore di calcolo. Per il solutore i cedimenti hanno valori anomali e quindi suggerisce all'utente ulteriori controlli. Se i carichi applicati alla struttura sono bassi è ragionevole attendersi cedimenti piccoli e quindi si può ignorare l'avviso.

Risultati del calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali

Cedimenti edometrici – Valore massimo

Attiva la mappa dei valori più elevati dei cedimenti edometrici per ogni elemento di fondazione presente. In tabella vengono indicati anche il numero ed il tipo della combinazione dove si verificano i cedimenti maggiori. Il comando è attivo solamente se i cedimenti sono stati calcolati con il metodo edometrico.



Cedimenti elastici con espansione laterale impedita – Valore massimo

Attiva la mappa dei valori più elevati dei cedimenti elastici con espansione laterale impedita per ogni elemento di fondazione presente. In tabella vengono indicati anche il numero ed il tipo della combinazione dove si verificano i cedimenti maggiori. Il comando è attivo solamente se i cedimenti sono stati calcolati con la teoria dell'elasticità.



Cedimenti elastici con espansione laterale libera – Valore massimo

Attiva la mappa dei valori più elevati dei cedimenti elastici con espansione laterale libera per ogni elemento di fondazione presente. In tabella vengono indicati anche il numero ed il tipo della combinazione dove si verificano i cedimenti maggiori. Il comando è attivo solamente se i cedimenti sono stati calcolati con la teoria dell'elasticità.



Mappa cedimenti edometrici

Questo comando visualizza la mappa puntuale dei cedimenti edometrici per le fondazioni superficiali per ogni combinazione di calcolo considerata nel calcolo dei cedimenti. In tabella vengono riportati i valori massimo e minimo dei cedimenti per ogni elemento di fondazione presente per la combinazione di calcolo corrente. Il comando è attivo solamente se i cedimenti sono stati calcolati con il metodo edometrico



Mappa cedimenti elastici con espansione laterale impedita

Questo comando visualizza la mappa puntuale dei cedimenti elastici con espansione laterale impedita per le fondazioni superficiali per ogni combinazione di calcolo considerata nel calcolo dei cedimenti. In tabella vengono riportati i valori massimo e minimo dei cedimenti per ogni elemento di fondazione presente per la combinazione di calcolo corrente. Il comando è attivo solamente se i cedimenti sono stati calcolati con la teoria dell'elasticità.



Mappa cedimenti elastici con espansione laterale libera

Questo comando visualizza la mappa puntuale dei cedimenti elastici con espansione laterale libera per le fondazioni superficiali per ogni combinazione di calcolo considerata nel calcolo dei cedimenti. In tabella vengono riportati i valori massimo e minimo dei cedimenti per ogni elemento di fondazione presente per la combinazione di calcolo corrente. Il comando è attivo solamente se i cedimenti sono stati calcolati con la teoria dell'elasticità.



Mappa tensioni

Questo comando visualizza la mappa puntuale delle tensioni per le fondazioni superficiali per tutte le combinazioni di calcolo considerate nel calcolo dei cedimenti. In tabella vengono riportati i valori massimo e minimo delle tensioni per ogni elemento di fondazione presente nella combinazione di calcolo corrente.



Verifiche di portanza e calcolo dei cedimenti delle fondazioni profonde

La procedura per eseguire le verifiche di portanza ed il calcolo dei cedimenti delle fondazioni profonde è la seguente:

- 1. controllare e, se necessario, modificare i parametri assunti dal programma per il calcolo nella finestra Impostazioni fondazioni profonde
- 2. lanciare il calcolo con il comando *Impostazioni e calcolo* ► *Calcolo* ► *Portanza e cedimenti fondazioni profonde*
- 3. dopo aver lanciato il calcolo appare la finestra *Elaborazione portanza e cedimenti fondazioni profonde* che riporta la barra di avanzamento dell'operazione ed il report che segnala eventuali errori nel calcolo o elementi di fondazione non verificati
- 4. controllare la presenza di eventuali errori o avvisi nel report del solutore
- 5. se il solutore non riscontra errori nel calcolo procedere al controllo dei risultati

Risultati delle verifiche di portanza delle fondazioni profonde

Stato di progetto

Visualizza la mappa dello stato di verifica degli elementi di fondazione. In rosso gli elementi non verificati, in ciano quelli verificati, in grigio gli elementi non calcolabili.



Portanza verticale – Valore massimo

Visualizza la mappa delle verifiche più gravose per ogni elemento di fondazione presente.



La tabella riporta i seguenti valori:

- Elemento: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo dello stesso
- *Nlim palo compr.*: riporta il valore del carico limite del palo a compressione
- *Nlim palo traz.*: riporta il valore del carico limite del palo a trazione
- *Cmb*: riporta il numero della combinazione a cui fanno riferimento le sollecitazioni utilizzate per la verifica. Si tratta della combinazione più gravosa per il palo
- *Palo*: riporta il numero del palo dell'elemento di fondazione. È significativo solo nel caso di plinto su più pali
- *N*: riporta il valore dello sforzo normale che sollecita il palo
- Verifica N-: riporta il valore del rapporto di verifica per la verifica a compressione del palo

• *Verifica N+*: riporta il valore del rapporto di verifica per la verifica a compressione del palo. La verifica viene eseguita solamente nel caso in cui ci siano combinazioni di carico per le quali il palo sia sottoposto ad uno sforzo di trazione

Portanza verticale – Tutti i risultati

Riporta in tabella i valori delle verifiche di portanza per ogni elemento di fondazione per ognuna delle combinazioni di calcolo considerate. L'elemento corrente viene evidenziato nella finestra grafica.



La tabella riporta i seguenti valori:

- *Elemento*: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo dello stesso
- Port. lat.: riporta il valore della portanza lungo il fusto del palo
- Port. punta: riporta il valore della portanza alla punta del palo
- P.P. palo: riporta il peso proprio del palo
- Nlim palo compressione: riporta il valore del carico limite del palo a compressione
- Nlim palo trazione: riporta il valore del carico limite del palo a trazione
- *Cmb*: riporta il numero della combinazione a cui fanno riferimento le sollecitazioni utilizzate per la verifica. Si tratta della combinazione più gravosa per il palo
- Palo: riporta il numero del palo dell'elemento di fondazione. È significativo solo nel caso di plinto su più pali
- *N*: riporta il valore dello sforzo normale che sollecita il palo
- Verifica N-: riporta il valore del rapporto di verifica per la verifica a compressione del palo
- Verifica N+: riporta il valore del rapporto di verifica per la verifica a compressione del palo. La verifica viene eseguita solamente nel caso in cui ci siano combinazioni di carico per le quali il palo sia sottoposto ad uno sforzo di trazione
- Stato: riporta l'esito della verifica. Se il rapporto di verifica è < 1 l'elemento di fondazione è verificato
 per la combinazione in questione e viene riportata la dicitura Ok, viceversa se questo valore è > 1
 l'elemento di fondazione non è verificato e viene riportata la dicitura N.V.

Risultati del calcolo dei cedimenti delle fondazioni profonde

Cedimenti verticali – Valore massimo

Attiva la mappa dei valori più elevati dei cedimenti per ogni elemento di fondazione presente. In tabella sono riportati il numero e la tipologia di combinazione dove si verificano i cedimenti maggiori.



Cedimenti verticali – Tutti i risultati

Riporta in tabella i valori dei cedimenti per ogni elemento di fondazione per tutte le combinazioni di calcolo considerate nel calcolo ed il grafico della curva cedimento-carico applicato per le combinazioni agli stati limite ultimi (curva blu) e per le combinazioni in esercizio (curva verde). L'elemento corrente viene evidenziato nella finestra grafica.



La tabella riporta i seguenti valori:

- Elemento: riporta la tipologia di elemento di fondazione ed il numero identificativo dello stesso
- Cmb (Tipo): riporta il numero e la tipologia della combinazione
- *Palo*: riporta il numero del palo dell'elemento di fondazione. È significativo solo nel caso di plinto su più pali
- coord. X: nel caso di plinto su più pali riporta la posizione del palo rispetto al baricentro del plinto in direzione X
- coord. Y: nel caso di plinto su più pali riporta la posizione del palo rispetto al baricentro del plinto in direzione Y
- N: riporta il valore dello sforzo normale che sollecita il palo
- Ced. Vert.: riporta il valore del cedimento verticale del palo. L'unità di misura sono i mm

Generazione della relazione di calcolo

Per generare la relazione geotecnica è necessario utilizzare il comando *Relazione di calcolo* che consente di accedere alla finestra *Impostazione della relazione*:

Impostazione della re	lazione	
🔽 Introduzione sulle	teorie utilizzate	
🔽 Dati geometrici de	gli elementi di fondazione	
– Tabella dei carichi —		
Tutte le combina	azioni	
C Solo le combina	zioni più gravose per ogni v	verifica
- Platee		
C Tutte le combi	nazioni degli elementi plate	a
Solo le combinazioni dei macro-elementi		
[.t.		
Rel. <u>s</u> uperficiali	Rel. <u>p</u> rofonde	<u>E</u> sci
20-	8	20 J

All'interno di questa finestra sono presenti i seguenti comandi:

- *Introduzione sulle teorie utilizzate*: consente di inserire in relazione una parte introduttiva che riporta alcuni cenni sulle teorie utilizzate nei calcoli
- Dati geometrici degli elementi di fondazione: consente di riportare o meno i dati geometrici degli elementi di fondazione
- *Tabella dei carichi Tutte le combinazioni*: selezionando questa opzione vengono riportati in relazione i risultati di tutte le verifiche eseguite per ogni elemento di fondazione
- Tabella dei carichi Solo le combinazioni più gravose per ogni verifica: selezionando questa opzione vengono riportati in relazione solamente i risultati delle verifiche più gravose
- Platee Tutte le combinazioni degli elementi platea: selezionando questa opzione vengono riportate le sollecitazioni per tutti gli elementi d3 che compongono la platea. L'opzione è attiva solamente se nel modello sono presenti degli elementi tipo platea di fondazione
- *Platee Solo le combinazioni dei macro-elementi*: selezionando questa opzione vengono riportate le sollecitazioni per i macroelementi platea di fondazione. L'opzione è attiva solamente se nel modello sono presenti degli elementi tipo platea di fondazione
- Rel. superficiali: genera la relazione di calcolo per le fondazioni superficiali
- Rel. profonde: genera la relazione di calcolo per le fondazioni profonde
- Esci: chiude la finestra Impostazione della relazione senza generare la relazione di calcolo

La generazione della relazione di calcolo avviene tramite il modulo PRO_WRT e viene salvata in formato .rtf.



È possibile fare in modo che la relazione di calcolo redatta dal *Modulo geotecnico* venga automaticamente allegata in calce alla relazione di calcolo della struttura generata da *PRO_SAP*. Per fare questo è sufficiente salvare la relazione geotecnica nella sottocartella *appendice_testi* contenuta nella cartella *rel* presente nella cartella *data* del modello.

Note di teoria

Parametri meccanici del terreno

Peso dell'unità di volume

È definito come:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

dove W è il peso totale e V è il volume totale inteso come somma dei volumi delle parti solide, dell'acqua e dei gas contenuti nel terreno.

Grado di saturazione

Capitolo 23 Pag. 36
È definito come il rapporto tra il volume occupato dall'acqua ed il volume dei vuoti:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \cdot 100 \,(\%)$$

Peso specifico saturo

...

È definito come:

$$\gamma_{sat} = \frac{W}{V} per S_r = 100\%$$

dove i simboli hanno il significato già visto il precedenza.

Indice dei vuoti

È definito come il rapporto tra il volume dei vuoti ed il volume delle parti solide del terreno:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Densità relativa

È definita come:

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \cdot 100 \; (\%)$$

dove e è l'indice dei vuoti allo stato naturale, e_{max} ed e_{min} sono rispettivamente gli indici dei vuoti corrispondenti al minimo ed al massimo stato di addensamento convenzionali, determinati tramite procedure standardizzate

Coefficiente di Poisson

È definito come il rapporto tra la deformazione longitudinale e quella trasversale del corpo:

$$v = -\frac{\varepsilon_{trasv}}{\varepsilon_{long}}$$

Modulo edometrico

Il modulo edometrico si ricava dalle curve di compressione edometrica come rapporto tra la variazione di pressione e la variazione di deformazione rapportata all'altezza del provino, secondo la seguente

formulazione:
$$E_{ed} = \frac{dP}{\frac{d\delta}{H_{provino}}}$$

Modulo elastico

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

Condizioni drenate

In base al principio delle tensioni efficaci la variazione dello stato di tensione, di deformazione e di resistenza al taglio del terreno è attribuibile esclusivamente a variazioni di tensioni efficaci.

Data la natura del terreno la sua resistenza è una resistenza al taglio e quindi è possibile esprimerla con il criterio di Mohr-Coulomb.

In termini di tensioni efficaci il criterio di può scrivere come:

$$\tau = \pm (c' + \sigma' \cdot \tan \varphi')$$

e nel piano τ - σ si presenta come una retta:



Dal punto di vista grafico, la coesione c' rappresenta l'ordinata del punto in cui la retta intercetta l'asse τ e l'angolo di resistenza al taglio ϕ 'rappresenta il coefficiente angolare della retta.

Condizioni non drenate

In condizioni non drenate si analizza il problema in termini di tensioni totali date le difficoltà di determinazione delle tensioni efficaci. In questo caso l'inviluppo di rottura si presenta come una retta orizzontale con equazione $\tau = cu$



Dal punto di vista grafico, la coesione non drenata cu rappresenta l'ordinata a cui si trova la retta nel piano τ - σ

Determinazione delle costanti di Winkler per fondazioni superficiali

La teoria di Winkler prevede di considerare il terreno un mezzo elastico; si noti che questa ipotesi è una forzatura dal momento che il terreno non resiste a trazione. Questo tipo di schematizzazione è più efficace per i terreni non coerenti nei quali l'applicazione del carico non disturba le zone al di fuori dalla sua impronta. La teoria di Winkler schematizza il terreno sottostante la fondazione come una serie di molle che si deformano indipendentemente l'una dalle altre, tutte dotate di una rigidezza K_T data dalla relazione:



dove

KT è la costante di Winkler.

 σ_T è lo sforzo agente su una molla in direzione perpendicolare all'asse della fondazione.

y è lo spostamento di una molla in direzione perpendicolare all'asse della fondazione.

Nel problema di determinazione della costante elastica di Winkler, lo spostamento della molla rappresenta l'incognita e può essere individuato risolvendo l'equazione della linea elastica della fondazione nell'ipotesi di pressioni sul terreno uniformi, piccoli spostamenti e deformazioni, deformazioni a taglio trascurabili e vincoli lisci e bilateri.

Il valore della costante orizzontale è ottenuto come $Kv \cdot (1-\sin\phi)$ dove Kv è il valore della costante verticale e ϕ è l'angolo di attrito interno del terreno.

Carico limite di fondazioni superficiali

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione (inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento) si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il *meccanismo generale* e quello di *punzonamento*.

Il *meccanismo generale* è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento: il terreno sottostante la fondazione rifluisce lateralmente e verso l'alto ed il terreno circostante la fondazione è interessato da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. A questo meccanismo corrisponde un comportamento della fondazione di tipo plastico o fragile accompagnato da una rotazione della stessa.

Il *meccanismo di punzonamento* è caratterizzato dall'assenza di una superficie di scorrimento ben definita: il terreno sottostante la fondazione si comprime ed il terreno circostante la fondazione si abbassa. L'abbassamento si attenua allontanandosi dalla fondazione. A questo meccanismo corrisponde un comportamento della fondazione di tipo plastico con incrudimento e quindi non è possibile una precisa individuazione del carico limite in quanto la curva dei cedimenti in funzione del carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente.

Meccanismo di rottura generale

Se il meccanismo di rottura è quello generale, il valore del carico limite viene determinato modellando il terreno come mezzo rigido perfettamente plastico. Sono possibili due tipi di analisi: quello alle tensioni efficaci in cui si suppone che le condizioni del terreno siano drenate e quello alle tensioni totali o in condizioni non drenate. La scelta del tipo di analisi dipende dalle caratteristiche del terreno su cui poggia la fondazione: nel caso di terreni a grana grossa, come per esempio ghiaie e sabbie, le condizioni sono drenate; nel caso di terreni a grana fine come le argille le condizioni sono non drenate.

Nel caso di condizioni drenate e di analisi in termini di tensioni efficaci i parametri disponibili per caratterizzare il terreno sono c', coesione efficace e ϕ '. L'espressione con cui si calcola il carico limite della fondazione è la *formula trinomia* introdotta da *Terzaghi* (1943). Nella formula trinomia si sommano tre contributi: il primo dato dalle forze di attrito, il secondo dalla coesione ed il terzo dall'effetto stabilizzante del sovraccarico agente ai lati della fondazione. La formula di *Terzaghi* è data dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = N_q \cdot \gamma_1' \cdot D + N_c \cdot c' + N_\gamma \cdot \gamma_2' \cdot \frac{B}{2}$$

dove:

uovo.	
Nq, Nc, Nγ,	sono i coefficienti di carico limite o fattori di capacità portante. Sono funzione dell'angolo
	d'attrito ϕ del terreno sottostante la fondazione.
D	è la profondità del piano di imposta della fondazione dal piano campagna.
В	è il lato minore della fondazione.
c'	è la coesione efficace del terreno al di sotto del piano di imposta della fondazione.
γ1	è il peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa.
γ2	è il peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa.

In alcuni testi il primo termine della formula viene scritto come N_q·q' imponendo q'=y₁'·D.

Tuttavia la formula di *Terzaghi* si riferisce solamente ai casi più semplici ed effettua diverse semplificazioni che vengono rimosse tramite la *generalizzazione di Brinch-Hansen* (1970) grazie alla quale la formula trinomia assume la forma:

$q_{lim} =$	$\frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B$	$\cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma}$	$i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$	$r_{r} + c' \cdot N_{c} \cdot s$	$c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c$	$\cdot g_c + q' \cdot N_q$	$\cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$
-------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---

dove

Nq, Nc, Nγ,	sono i coefficienti di carico limite o fattori di capacità portante. Sono funzione dell'angolo
	d'attrito ϕ del terreno sottostante la fondazione.
Sq, Sc, Sγ,	sono i fattori di forma.
İq, İc, İγ,	sono i fattori di inclinazione del carico.
b _q , b _c , b _γ ,	sono i fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione.
g q, g _c , g _γ ,	sono i fattori di inclinazione del piano campagna.
dq, dc	sono i fattori di profondità del piano di posa.
В	è il lato minore della fondazione.
D	è la profondità del piano di imposta della fondazione dal piano campagna.
C'	è la coesione efficace del terreno al di sotto del piano di imposta della fondazione.
γ'	è il peso per unità di volume alleggerito del terreno.
q'	è il carico trasmesso dalla fondazione.

Nel caso l'analisi fosse condotta in condizioni non drenate e dunque in termini di tensioni totali il parametro per definire la resistenza del terreno sarebbe c_u, coesione non drenata, e si avrebbe $\phi = 0$. La formula trinomia va riscritta sostituendo c' con c_u e tenendo conto che $\phi = 0$ e di conseguenza N_Y=0, N_q=1, s_q= d_q=i_q=b_q=1. Perciò la formula assume la seguente forma:

 $q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot g_q$

dove i simboli hanno lo stesso significato visto sopra.

Meccanismo di rottura per punzonamento - Teoria di Vesic

Il *Vesic* ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elastoplastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo tipo di rottura il fenomeno è retto da un indice di rigidezza I_r definito come:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot tg(\varphi)}.$$

Per determinare il modulo di rigidezza a taglio si utilizzano le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \qquad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \qquad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \qquad k_0 = 1 - sen(\varphi).$$

La rottura per punzonamento può verificarsi quando l'indice di rigidezza calcolato con la formula esposta sopra risulta inferiore ad un valore critico (od indice di rigidezza critico) *I*_{*r*,crit}, che si può determinare con la seguente espressione:

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \cdot \frac{B}{L}\right)ctg\left(45^{\circ} - \frac{\varphi}{2}\right)\right]}}{2}$$

Quindi, nel caso della rottura per punzonamento, la formula trinomia deve essere riscritta con l'introduzione di ulteriori coefficienti correttivi, detti di punzonamento, che dipendono dall'angolo di attrito e dall'indice di rigidezza. La formula assume la seguente espressione:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot \psi_{\gamma} + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \psi_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \psi_q$$

dove i simboli hanno lo stesso significato visto nel paragrafo precedente. I coefficienti correttivi di punzonamento possono essere calcolati con le formule seguenti:

se
$$r < r_{r,crit}$$

 $\Psi_{\gamma} = \Psi_{q} = e^{\left[\left(0.6\frac{B}{L} + 4.4\right) \cdot tg(\varphi) + \frac{3.07 \cdot sen(\varphi) \log_{10}(2 \cdot I_{r})}{1 + sen(\varphi)}\right]}$ se $\varphi = 0 \Rightarrow \Psi_{\gamma} = \Psi_{q} = 1$
 $\Psi_{c} = \Psi_{q} - \frac{1 - \Psi_{q}}{N_{c} \cdot tg(\varphi)}$ se $\varphi = 0 \Rightarrow \Psi_{c} = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \log_{10}(I_{r})$

 $se \ I_r > I_{r,crit} \\ \psi_\gamma = \ \psi_q = \ \psi_c = 1.$

dove:

E_{ed} è il modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione.

- φ è l'angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa.
- c' è la coesione in termini di tensioni efficaci.
- σ' è la tensione litostatica effettiva a profondità D+B/2.
- L è la luce delle singole travi di fondazione.
- D è la profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna.
- B è la larghezza della trave di fondazione.

Si può dimostrare che, per fondazioni aventi larghezza modesta, il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di *B*, secondo sia *Vesic* che *de Beer*, il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. *Bowles* per fondazioni di larghezza maggiore di 2 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_{\gamma} = 1 - 0.25 \cdot \log_{10}\left(\frac{B}{2}\right)$$
 dove "B" va espresso in metri.

Questo ulteriore coefficiente modifica la formula nella forma:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot \psi_{\gamma} \cdot r_{\gamma} + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \psi_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \psi_q$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso, per esempio le platee, caso nel quale il termine dell'equazione trinomia legato all'effetto stabilizzante del carico è predominante.

Per considerare un'eventuale eccentricità del carico, il *Meyerhof* consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto tra fondazione e terreno in tutte le formule del calcolo del carico limite. Questa riduzione può essere effettuata con le seguenti formule:

 $B_{rid} = B - 2 \cdot e_B$ $L_{rid} = L - 2 \cdot e_L$ dove e_B, e_L sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.

Calcolo del carico limite

In letteratura esistono diverse formule per calcolare i coefficienti riduttivi della formula trinomia per il carico limite di una fondazione, di seguito si riportano quelle che sono state implementate nel modulo geotecnico di *PRO_SAP*.

Formulazione di Hansen (1970)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \qquad \qquad N_\gamma = 1.5 \cdot \left(N_q - 1\right) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

$$\begin{split} s_{q} &= 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \qquad \qquad s_{\gamma} = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_{c} = 1 + \frac{N_{q} \cdot B}{N_{c} \cdot L} \\ d_{q} &= 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^{2} \cdot \Theta \quad d_{\gamma} = 1.0 \qquad \qquad d_{c} = 1 + 0.4 \cdot \Theta \\ \text{dove} : \text{se} \frac{D}{B} &\leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se} \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right) \\ i_{q} &= \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_{f} \cdot c_{a} \cdot ctg(\varphi)}\right]^{\alpha_{1}} \qquad i_{\gamma} = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_{f} \cdot c_{a} \cdot ctg(\varphi)}\right]^{\alpha_{2}} \qquad i_{c} = i_{q} - \frac{1 - i_{q}}{N_{q} - 1} \end{split}$$

In condizioni non drenate, con $\varphi = 0$

$$\begin{split} s_q &= 1.0 \ s_{\gamma} = 1.0 \ s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \\ d_q &= 1.0 \quad d_{\gamma} = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta \\ i_q &= 1.0 \ i_{\gamma} = 1.0 \ i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}\right) \end{split}$$

Formulazione di Vesic (1975)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \qquad \qquad N_\gamma = 2 \cdot \left(N_q + 1\right) \cdot tg(\varphi) \qquad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \qquad s_{\gamma} = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \qquad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$
$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta \qquad d_{\gamma} = 1.0 \qquad \qquad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\begin{aligned} \operatorname{dove} &: \operatorname{se} \frac{D}{B} \leq 1 \implies \Theta = \frac{D}{B}, \ \operatorname{se} \frac{D}{B} > 1 \implies \Theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{D}{B}\right) \\ i_q &= \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)}\right]^m \qquad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)}\right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \\ \operatorname{dove} &: m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \qquad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}} \end{aligned}$$

In condizioni non drenate, con $\varphi = 0$

$$\begin{split} s_{q} &= 1.0 \ s_{\gamma} = 1.0 \ s_{c} = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \\ d_{q} &= 1.0 \ d_{\gamma} = 1.0 \ d_{\gamma} = 1.0 \ d_{c} = 1 + 0.4 \cdot \Theta \\ i_{q} &= 1.0 \ i_{\gamma} = 1.0 \ i_{c} = 1 - \frac{m \cdot H}{A_{f} \cdot c_{a} \cdot N_{c}} \end{split}$$

Formulazione di Brinch-Hansen (1970)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \qquad \qquad N_\gamma = 2 \cdot \left(N_q + 1\right) \cdot tg(\varphi) \qquad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

$$\begin{split} s_{q} &= 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + sen(\varphi))}{L \cdot (1 - sen(\varphi))} \qquad s_{\gamma} = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + sen(\varphi))}{L \cdot (1 - sen(\varphi))} \qquad s_{c} = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + sen(\varphi))}{L \cdot (1 - sen(\varphi))} \\ d_{q} &= 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^{2} \cdot \Theta \quad d_{\gamma} = 1.0 \qquad d_{c} = d_{q} - \frac{1 - d_{q}}{N_{c} \cdot tg(\varphi)} \\ dove : se \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, se \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right) \\ i_{q} &= \left[1 - \frac{H}{V + A_{f} \cdot c_{a} \cdot ctg(\varphi)}\right]^{m} \qquad i_{\gamma} = \left[1 - \frac{H}{V + A_{f} \cdot c_{a} \cdot ctg(\varphi)}\right]^{m+1} \quad i_{c} = i_{q} - \frac{1 - i_{q}}{N_{q} - 1} \\ dove : m = m_{B} = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \qquad m = m_{L} = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}} \end{split}$$

In condizioni non drenate, con $\varphi = 0$

$$\begin{split} s_q &= 1.0 \ s_{\gamma} = 1.0 \ s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \\ d_q &= 1.0 \qquad d_{\gamma} = 1.0 \qquad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta \\ i_q &= 1.0 \ i_{\gamma} = 1.0 \ i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c} \end{split}$$

Eurocodice 7

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \qquad \qquad N_\gamma = 2 \cdot \left(N_q - 1\right) \cdot tg(\varphi) \qquad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot sen(\varphi) \qquad \qquad s_{\gamma} = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} \qquad s_c = \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1}$$

Capitolo 23 Pag. 42

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_{\gamma} = 1.0 \qquad \qquad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

dove : se $\frac{D}{B} \le 1 \implies \Theta = \frac{D}{B}$, se $\frac{D}{B} > 1 \implies \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right)$

se H è parallela al lato B

$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^3 \qquad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^3 \qquad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

se H è parallela al lato L

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \qquad \qquad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \qquad \qquad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

In condizioni non drenate, con $\phi = 0$

$$\begin{split} s_q &= 1.0 \ s_{\gamma} = 1.0 \ s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \\ d_q &= 1.0 \qquad d_{\gamma} = 1.0 \qquad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta \\ i_q &= 1.0 \quad i_{\gamma} = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}\right) \end{split}$$

In condizioni non drenate, con $\varphi = 0 \implies N_q = N_y = 1.0 \text{ e } N_c = 2+\pi$.

Nelle relazioni riportate sopra:

V è la componente verticale del carico agente sulla fondazione.

H è la componente orizzontale del carico agente sulla fondazione.

c_a è l'adesione fondazione-terreno. L'adesione di norma varia tra il 60% ed il 100% della coesione.

 α_1, α_2 sono esponenti di potenza che variano tra 2 e 5.

Nel caso in cui il cuneo di rottura della fondazione sia interessato da falda idrica, il valore di γ_2 nella formula trinomia può essere calcolato con la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot tg\left(\frac{90 + \varphi}{2}\right)$$

dove

γ è il peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa.

γ_{sat} è il peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa.

ż è la profondità della falda dal piano di posa.
h_c è l'altezza del cuneo di rottura della fondazione.



Tutte le teorie descritte sopra sono valide nell'ipotesi di terreno con caratteristiche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre stratificati, cioè composti da formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono o

comunque riconducibili a questa situazione.

Nel caso di terreni stratificati il calcolo viene eseguito nel seguente modo:

- 1. si determina l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati
- 2. si determina il numero degli strati interessati dal cuneo di rottura
- 3. partendo dalla superficie immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato in corrispondenza di ogni superficie di separazione. La capacità portante di ogni singolo strato è la somma di due valori: il primo valore si ottiene applicando la formula trinomia alla quota i-esima dello strato; il secondo deriva dalla resistenza a punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame
- 4. si assume come valore massimo della capacità portante della fondazione su terreno stratificato il minimo dei valori determinati come esposto al punto 3

Si può riassumere il procedimento in forma analitica con la seguente formulazione:

$$\dot{q_{ult}} = \left[q_{ult}^{"} + q_{resT} \right]_{\min} = \left[q_{ult}^{"} + \frac{p}{A_f} \left(P_V \cdot K_s \cdot tg(\varphi) + d \cdot c \right) \right]_{\min}$$

dove

- *q*"_{ult} è il carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato.
- *p* è il perimetro della fondazione.
- A_f è la superficie di contatto tra fondazione e terreno.
- P_V è la spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato.
- K_{S} è il coefficiente di spinta laterale del terreno.
- φ è l'angolo di attrito del terreno.
- d è la distanza dal piano di posa allo strato interessato.
- c è la coesione.

Effetto delle onde sismiche sul terreno

Nel caso siano state considerate delle azioni sismiche e delle combinazioni di calcolo con il sisma è necessario introdurre un ulteriore fattore di correzione nelle formule per determinare la capacità portante delle fondazioni. Questo fattore di correzione è legato all'effetto che un onda sismica provoca sui terreni ed è possibile calcolarlo utilizzando due criteri: quello di *Vesic* o quello di *Sano*.

La teoria di *Sano* prevede di diminuire l'angolo d'attrito degli strati interessati dalla fondazione di una quantità proporzionale all'accelerazione sismica orizzontale massima. Questa correzione si deve effettuare solo su terreni ben addensati caratterizzati da una densità relativa alta. Al contrario, nel caso di terreni sciolti o mediamente addensati, le vibrazioni sismiche producono un aumento del grado di addensamento e di conseguenza dell'angolo d'attrito.

Una volta definita una densità relativa di riferimento, la formula per correggere l'angolo di attrito ai terreni aventi densità relativa maggiore di quella fissata è:

$$\Delta \varphi = arctg\left(\frac{A_{\max}}{\sqrt{2}}\right)$$
 dove $A_{\max} = a_g$ oppure $A_{\max} = C \cdot g$.

Effetti inerziali

.

Nel caso si voglia tenere conto degli effetti inerziali durante il sisma nel calcolo della capacità portante delle fondazioni superficiali è possibile ricorrere alla teoria di *Paolucci-Pecker* (1995). Gli effetti inerziali si tengono in conto introducendo un ulteriore terna di coefficienti correttivi nella formula trinomia, funzione di k_h e dell'angolo di attrito:

$$q_{hm} = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} + c N_{c} s_{c} d_{c} i_{c} b_{c} g_{c} z_{c} + q N_{q} s_{q} d_{q} i_{q} b_{q} g_{q} z_{q}$$

$$k_{h} = \frac{\gamma_{I} \cdot S \cdot a_{g}}{g}$$

$$z_{c} = 1 - 0.32 k_{h} \quad z_{q} = z_{\gamma} = \left(1 - \frac{k_{h}}{tg\phi}\right)^{0.35}$$

Per i terreni non coesivi in genere durante il sisma si osserva una riduzione del carico limite che può essere valutata con i coefficienti z_{γ} , z_c e z_q .

Per i terreni coesivi solitamente è possibile trascurare gli effetti inerziali. Per i terreni non coesivi gli effetti inerziali sono trascurabili solo quando ag S è molto piccolo (per esempio nelle località in zona 4).

Carico limite di fondazioni superficiali su roccia

Se negli strati di terreno interessati dal cuneo di rottura è presente un ammasso roccioso, al fine di determinare il carico limite della fondazione bisogna valutare il grado di solidità della roccia stessa. Questa

valutazione può essere fatta stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso e si definisce come:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta > 100mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}.$$

L'RQD può variare da un valore minimo di 0 nel caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere sia inferiore a 100 mm, ad un massimo di 1 nel caso in cui la carota risulti integra.

Se l'RQD è molto basso, ovvero la roccia molto fratturata, il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto in analogia a quello di un terreno sciolto, utilizzando tutte le formulazioni descritte nei paragrafi precedenti.

Se invece le rocce non sono assimilabili ad ammassi di terreno sciolto è possibile ricorrere a due diverse formulazioni: quella di *Terzaghi* (1943) e quella di *Stagg-Zienkiewicz* (1968). Entrambe sono correlate all'indice RQD, il valore della capacità portante si può determinare con la relazione:

$$q'_{ult} = q''_{ult} \cdot RQD^2$$

dove

q'ult è il carico limite calcolato dell'ammasso roccioso.

q"_{ult} è il carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz.

RQD è l'indice Rock Quality Designation.

Per le rocce l'equazione trinomia del carico limite nel caso in esame assume la forma:

$$q_{ult}^{''} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma.$$

ed i vari simboli hanno lo stesso significato esposto in precedenza.

I coefficienti di forma assumeranno i seguenti valori:

 $s_c = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme $s_c = 1.3$ per fondazioni di tipo quadrato; $s_{\gamma} = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme $s_{\gamma} = 0.8$ per fondazioni di tipo quadrato.

Formulazione di Terzaghi (1943)

$$N_q = \frac{e^{2\left(0.75 \cdot \pi - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot tg(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)} \quad N_\gamma = \frac{tg(\varphi)}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2(\varphi)} - 1\right) \qquad \qquad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Κ _{ργ}	10.8	12.2	14.7	18.6	25.0	35.0	52.0	82.0	141.0	298.0	800.0

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz (1968)

$$N_q = tg^6 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \qquad N_\gamma = N_q + 1 \qquad N_c = 5 \cdot tg^4 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

Verifica a rottura per scorrimento di fondazioni superficiali

Se il carico applicato alla fondazione non è perpendicolare al suo piano di posa è necessario effettuare anche una verifica per rottura a scorrimento.

La resistenza della fondazione a scorrimento viene valutata come somma di due componenti: la prima data dall'attrito fondazione-terreno, la seconda dall'adesione. È possibile aggiungere a questi due contributi anche l'effetto della spinta passiva che il terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione, anche se considerare questo contributo non è a favore di sicurezza: in genere la resistenza passiva del terreno si attiva per spostamenti molto elevati che potrebbero non avvenire nel caso delle fondazioni superficiali. Per questo motivo, se si desidera considerare nel calcolo della resistenza anche questo terzo contributo, in

letteratura viene spesso suggerito di limitare la resistenza passiva considerata nel calcolo della resistenza a scorrimento della fondazione al 30% di quella totale.

La verifica deve essere condotta in tutte le direzioni per le quali la fondazione è sottoposta a sollecitazioni di taglio, cioè sia in direzione parallela alla base che in quella perpendicolare.

La formula per il calcolo della resistenza a scorrimento è la seguente:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot tg(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove

 T_{Sd} è la componente orizzontale del carico agente sulla fondazione.

 N_{Sd} è la componente verticale del carico agente sulla fondazione.

- *c*_a è l'adesione fondazione-terreno. L'adesione di norma varia tra il 60% ed il 100% della coesione.
- δ è l'angolo d'attrito fondazione-terreno. L'angolo di attrito fondazione-terreno di norma varia tra il 60% ed il 100% dell'angolo di attrito.
- S_p è la spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione.
- f_{Sp} è la percentuale di partecipazione della spinta passiva.
- *A*^{*f*} è la superficie di contatto del piano di posa della fondazione.

Calcolo dei cedimenti di fondazioni superficiali

Metodo edometrico

Il metodo edometrico si basa sulla relazione:

$$w_{punta} = w_{ed} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta \sigma_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta z_{i}$$

dove

- $\Delta \sigma_{v,i}$ è la variazione dello stato tensionale verticale alla profondità z_i dello strato i-esimo per l'applicazione del carico.
- E_{ed, i} è il modulo edometrico del terreno costituente lo strato i-esimo.
- Δz_i è lo spessore dello strato i-esimo.

Dal momento che questo metodo si basa sull'ipotesi edometrica l'approssimazione del risultato è tanto migliore quanto più è ridotto il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni. Tuttavia questo non esclude che il metodo consenta un'ottima approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

Metodo dell'elasticità

Il metodo dell'elasticità si basa sulle relazioni:

$$w_{punta} = w_{\text{Imp.}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta \sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \qquad \qquad w_{punta} = w_{\text{Lib.}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta \sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1 - 2 \cdot v^2}{1 - v} \cdot \Delta z_i$$

dove

- w_{Imp.} è il cedimento in condizioni di deformazione laterale impedita.
- WLib. è il cedimento in condizioni di deformazione laterale libera.
- $\Delta \sigma_{v,i}$ è la variazione dello stato tensionale verticale alla profondità z_i dello strato i-esimo per l'applicazione del carico.
- E₁ è il modulo elastico del terreno costituente lo strato i-esimo.
- Δz_i è lo spessore dello strato i-esimo.

La variazione dello stato tensionale verticale viene determinata secondo il metodo proposto da *Bowles* come estensione del metodo di *Geddes* (1966), a sua volta ottenuto adattando la soluzione di *Mindlin* (1936) per un carico puntiforme posto all'interno di un solido elastico. Analogamente all'analisi di *Boussinesq*, questo metodo ipotizza che il terreno sia un mezzo elastico, omogeneo, isotopo e semi-illimitato.

Determinazione delle costanti di Winkler verticali per fondazioni profonde

Anche nel caso delle fondazioni profonde è possibile utilizzare il modello di suolo alla Winkler.

Il palo è caratterizzato da due tipi di molle elastiche verticali: la prima tipologia è distribuita lungo il fusto per simulare l'interazione terreno-palo per effetto dell'attrito laterale, l'altra è posizionata alla punta del palo per simulare l'interazione per effetto della portanza di base.

Poiché nella teoria di Winkler si fa l'ipotesi di terreno elastico-lineare, è possibile determinare la costante delle due tipologie di molle supponendo che lavorino in parallelo e dunque procedere con il calcolo lungo il

fusto del palo separatamente da quello alla punta.

Le costanti vengono determinate rapportando la portanza alla punta e quella laterale con i cedimenti del palo determinati per ogni strato di terreno con caratteristiche omogenee:

dove

2

Determinazione delle costanti di Winkler orizzontali per fondazioni profonde

La costante di Winkler viene determinata come rapporto tra il carico applicato ed il cedimento netto. Il carico applicato è il rapporto tra il carico limite ed il fattore di sicurezza. Nel caso del palo si suppone che vi siano due tipi di molle che lavorano in parallelo: una alla punta del palo, l'altra lungo il fusto che lavora per attrito; ne consegue che il contributo alla punta sia calcolabile separatamente dal contributo lungo il fusto del palo. Per determinare le costanti elastiche orizzontali di un palo si può procedere con la teoria di *Chiarugi-Maia* (1969) oppure con quella di *Vesic* (1961).

Entrambi i metodi determinano il coefficiente di reazione orizzontale utilizzando vari parametri geotecnici del terreno attraversato e del palo in questione. Il valore viene ricavato a metà spessore di ogni strato omogeneo e varia lungo la lunghezza del palo secondo una funzione trigonometrica.

Metodo di Chiarugi-Maia

$$K_{trasversale,medio,i} = \frac{E_{ed}}{D \cdot (1 - \nu^2)} \sqrt[12]{\frac{E_{ed} \cdot D^4}{E_{palo} \cdot I_{palo}}} \qquad K_{trasversale,i} = K_{trasversale,medio,i} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{Z}{D}\right)$$

dove

Ktrasversale, i	è il valore della costante orizzontale di Winkler per lo strato i-esimo.
Ktrasversale, medio, i	è il valore medio della costante di Winkler orizzontale per lo strato i-esimo.
E _{ed}	è il modulo edometrico del terreno.
V	è il coefficiente di Poisson del terreno.
Epalo	è il modulo elastico del palo.
D	è il diametro del palo.
Ipalo	è il momento di inerzia della sezione trasversale del palo.
Z	è la profondità del punto indagato a partire dal piano campagna.

Metodo di Vesic

$$K_{trasversale,medio,i} = \frac{\beta \cdot 0.65 \cdot E_{ter.}}{D \cdot (1 - v^2)} \sqrt{\frac{E_{ter.} \cdot D^4}{E_{palo} \cdot I_{palo}}} \qquad K_{trasversale,i} = K_{trasversale,medio,i} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{Z}{D}\right)$$

dove

4070	
Ktrasversale, i	è il valore della costante orizzontale di Winkler per lo strato i-esimo.
Ktrasversale, medio, i	è il valore medio della costante di Winkler orizzontale per lo strato i-esimo.
Eter.	è il modulo elastico del terreno.
V	è il coefficiente di Poisson del terreno.
E _{palo}	è il modulo elastico del palo.
D	è il diametro del palo.
Ipalo	è il momento di inerzia della sezione trasversale del palo.
β	è un coefficiente di amplificazione. Secondo Bowles può essere posto β=2 dal momento
	che il terreno che circonda il palo produce una considerevole resistenza laterale di taglio.
Z	è la profondità del punto indagato a partire dal piano campagna.

Determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde

La portanza verticale delle fondazioni profonde è data da due contributi: la portanza di punta e la portanza per attrito laterale. Si suppone di poter calcolare le due componenti in maniera indipendente l'una dall'altra: salvo che nei casi più semplici sarebbe molto difficoltoso stabilire la quota del carico assorbita dall'attrito laterale e quella assorbita dalla resistenza alla punta.

Ai fini del calcolo della portanza verticale di un palo si assumono le seguenti espressioni generali, rispettivamente per le verifiche a compressione e per quelle a trazione del palo:

$$Q_C = \frac{Q_P}{\eta_P} + \frac{Q_L}{\eta_L} - W_{ATT.NEG.} - W_P \quad \text{(caso di palo in compressione)} \qquad Q_T = \frac{Q_L}{\eta_L} + W_P \quad \text{(caso di palo in trazione)}$$

dove

Qc	è la resistenza a compressione del palo.
QT	è la resistenza a trazione del palo.
QP	è il valore del carico limite verticale alla punta del palo.
QL	è il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo.
WATT.NEG.	è il valore dell'attrito negativo agente sul palo.
WP	è il peso totale del palo.
ηP	è il coefficiente di sicurezza per carico limite verticale alla punta del palo.
η _L	è il coefficiente di sicurezza per carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo.

Sia nella verifica del palo a compressione che in quella a trazione è possibile considerare tutti o solo uno dei contributi che compongono il valore della portanza.

Il carico limite verticale alla punta e lungo la superficie laterale del palo sono determinati con le *formule statiche* che esprimono questi valori in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche geotecniche del terreno in cui è immerso, della modalità esecutiva e dell'interfaccia palo-terreno.

In letteratura si trovano diverse teorie per determinare i coefficienti necessari per il calcolo della portanza alla punta e per attrito laterale del palo ma bisogna tenere presente che tutti i metodi prendono in considerazione un singolo palo. Per estendere il calcolo al caso dei pali in gruppo si fa ricorso ai coefficienti d'efficienza per considerare l'interferenza reciproca che i pali esercitano.

Carico limite verticale alla punta del palo

Il carico limite verticale alla punta del palo è sempre influenzato dalla modalità esecutiva, varia notevolmente a seconda che il palo sia infisso o trivellato. Questo vale indipendentemente dalla teoria utilizzata per il calcolo perché la realizzazione del palo altera le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno.

Un modo per considerare questo fatto nei calcoli è correggere l'angolo di resistenza al taglio del terreno al fine della determinazione dei coefficienti di portanza facendo riferimento alle formule di *Kishida* (1967):

$$\varphi_{cor} = \frac{\varphi + 40}{2}$$
 (per pali infissi) $\varphi_{cor} = \varphi - 3^{\circ}$ (per pali trivellati)

Il carico limite verticale alla punta del palo si può determinare con la seguente espressione:

$$Q_P = A_P \cdot \left(q_P \cdot N_q^* + c \cdot N_c^* \right)$$

dove

AP	è la superficie portante efficace della punta del palo.
q₽	è la pressione del terreno alla punta del palo.
с	è la coesione del terreno alla punta del palo. In condizioni non drenate si deve sostituire con
	C _u .
N [*] q, N [*] c	sono i fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno ϕ o del suo

Nel seguito si riportano le formulazioni per determinare i fattori adimensionali di portanza implementati nel *Modulo geotecnico* di *PRO SAP*.

Formulazione di Meyerhof (1951)

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

$$N_q = tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \qquad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \qquad s_c = 1 + 0.2 \cdot tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \qquad \text{(fattori di forma)}$$

valore corretto con le formule di Kishida φ_{cor} .

$d_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)}$	$d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{tg^2}$	$\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)$ (fattori d'approfondimento)
$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q$	$N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$	
In condizioni non drenate, con o $N_q = 1.00$	$\mathbf{p} = 0$ $N_c = \pi + 2$	
$s_q = 1.00$	$s_c = 1.20$	(fattori di forma)
$d_q = 1.00$	$d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D}$	(fattori d'approfondimento)
$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q$	$N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$	
Formulazione di Hansen (197	0)	
In condizioni drenate, con φ ≠ 0)	
$N_q = tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)}$	$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi$)
$s_q = 1 + tg(\varphi)$	$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}$	(fattori di forma)
$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta$	$d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$	(fattori d'approfondimento)
dove : se $\frac{L}{D} \le 1 \implies \Theta = \frac{L}{D}$, se $\frac{L}{D} \ge \frac{L}{D}$	$>1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{L}{D}\right)$	
$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q$	$N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$	
In condizioni non drenate, con o	p = 0	
$N_q = 1.00$	$N_c = \pi + 2$	
$s_q = 1.00$	$s_c = 1.20$	(fattori di forma)
$d_q = 1.00$	$d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$	(fattori d'approfondimento)
$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q$	$N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$	
Formulazione di Zeevaert (19	72)	

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

$$N_q^* = \frac{\cos^2(\varphi)}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)} \cdot e^{\left(\frac{3 \cdot \pi}{2} + \varphi\right) \cdot tg(\varphi)} \qquad \qquad N_c^* = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

In condizioni non drenate, con $\varphi = 0$ $N_q^* = 1.00$

Formulazione di Berezantzev (1970)

Le teoria di *Berezantzev* prende in considerazione una superficie di scorrimento *alla Terzaghi* che si arresta sul piano della punta del palo. Inoltre si suppone che il cilindro di terreno coassiale al palo con diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento sia in parte sostenuto dalle tensioni tangenziali trasmesse dal rimanente terreno presente lungo la superficie laterale del cilindro.

 $N_{c}^{*} = 9.00$

Di conseguenza il valore della pressione alla punta del palo è inferiore alla corrispondente pressione litostatica ed è funzione del rapporto tra la profondità della punta del palo a partire dal piano campagna ed il diametro del palo.

Questo effetto, detto *effetto Silo* influenza il valore di N^{*}_q i cui valori secondo *Berezantzev* possono essere ricavati dalle tabelle seguenti:

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

Valori di N^{*}_a per pali di diametro fino a 80.0 cm.

L/D	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.07	2.18	3.15	4.72	7.15	10.73	15.85	22.95	32.62	45.56	62.69	85.18	114.53	152.71	202.32	266.82	350.86	460.79	605.36
12	1.04	1.77	2.46	3.64	5.52	8.42	12.71	18.85	27.44	39.21	55.07	76.20	104.13	140.81	188.86	251.72	334.05	442.17	584.82
20	1.03	1.63	2.20	3.20	4.82	7.38	11.22	16.82	24.76	35.79	50.83	71.06	98.01	133.65	180.59	242.29	323.39	430.21	571.48
28	1.03	1.54	2.05	2.93	4.40	6.72	10.26	15.48	22.96	33.43	47.84	67.37	93.54	128.35	174.39	235.13	315.21	420.95	561.08
36	1.02	1.49	1.94	2.75	4.10	6.26	9.57	14.49	21.60	31.64	45.53	64.48	90.00	124.10	169.36	229.27	308.46	413.26	552.38
50	1.02	1.42	1.82	2.53	3.74	5.68	8.70	13.23	19.84	29.27	42.45	60.56	85.14	118.18	162.30	220.95	298.80	402.16	539.74
75	1.02	1.35	1.69	2.30	3.33	5.02	7.69	11.74	17.73	26.37	38.58	55.55	78.82	110.38	152.84	209.67	285.53	386.74	522.01
100	1.01	1.31	1.61	2.14	3.07	4.60	7.02	10.74	16.28	24.34	35.84	51.95	74.19	104.56	145.68	201.02	275.23	374.64	507.95
200	1.01	1.22	1.44	1.84	2.54	3.71	5.60	8.56	13.05	19.73	29.43	43.30	62.82	89.95	127.29	178.30	247.63	341.59	468.90
500	1.01	1.14	1.29	1.55	2.02	2.82	4.14	6.24	9.50	14.45	21.83	32.64	48.25	70.49	101.85	145.69	206.57	290.75	406.87

Valori di N^{*}_q per pali di diametro maggiore a 80.0 cm.

L/D	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.16	3.09	3.95	5.04	6.44	8.22	10.50	13.41	17.12	21.87	27.92	35.65	45.53	58.14	74.24	94.80	121.05	154.57	197.38
12	1.21	3.14	3.98	5.05	6.42	8.14	10.34	13.13	16.68	21.18	26.90	34.17	43.41	55.15	70.07	89.03	113.13	143.77	182.72
20	1.26	3.18	4.01	5.06	6.39	8.06	10.18	12.85	16.23	20.49	25.88	32.69	41.29	52.16	65.89	83.26	105.21	132.97	168.06
28	1.30	3.22	4.04	5.07	6.36	7.99	10.02	12.57	15.78	19.81	24.86	31.20	39.17	49.16	61.72	77.49	97.29	122.16	153.40
36	1.35	3.27	4.07	5.08	6.34	7.91	9.86	12.30	15.33	19.12	23.84	29.72	37.04	46.17	57.55	71.72	89.38	111.36	138.75
44	1.39	3.31	4.10	5.09	6.31	7.83	9.70	12.02	14.88	18.43	22.81	28.23	34.92	43.18	53.38	65.95	81.46	100.56	124.09
52	1.44	3.35	4.14	5.10	6.29	7.75	9.54	11.74	14.44	17.74	21.79	26.75	32.80	40.19	49.21	60.18	73.54	89.76	109.43
56	1.46	3.37	4.15	5.10	6.27	7.71	9.46	11.60	14.21	17.40	21.28	26.00	31.74	38.70	47.12	57.30	69.58	84.36	102.10
60	1.49	3.39	4.17	5.11	6.26	7.67	9.38	11.46	13.99	17.06	20.77	25.26	30.68	37.20	45.03	54.42	65.62	78.96	94.77
65	1.51	3.42	4.19	5.12	6.25	7.62	9.28	11.29	13.71	16.63	20.13	24.33	29.35	35.33	42.43	50.81	60.67	72.21	85.61

 $N_c^* = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$

In condizioni non drenate, con ϕ = 0

$$N_q^* = 1.00$$
 $N_c^* = 9.00$

Formulazione di Vesic (1975)

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

$$N_q^* = \frac{3}{3 - sen(\varphi)} \cdot tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot I_{rr}^{\frac{4 \cdot sen(\varphi)}{3 \cdot (1 + sen(\varphi))}} \cdot e^{\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) \cdot tg(\varphi)} \qquad N_c^* = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + \varepsilon_v \cdot I_r} \quad \varepsilon_v = \frac{q_p \cdot \alpha}{E_t} \cdot \frac{(1 + v) \cdot (1 - 2 \cdot v)}{(1 - v)} \qquad I_r = \frac{E_t}{2 \cdot (1 + v) \cdot (c + q_p \cdot \alpha \cdot tg(\varphi))}$$

In condizioni non drenate, con $\varphi = 0$

Nel caso di condizioni non drenate si considera ε_v = 0 e di conseguenza Ir = Irr

$$N_q^* = 1.00$$
 $N_c^* = \frac{4}{3} \cdot (\log_n(I_{rr}) + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$

dove

Et è il modulo elastico del terreno alla profondità della punta del palo.

v è il coefficiente di Poisson del terreno alla profondità della punta del palo.

α è il coefficiente di riduzione della pressione del terreno alla profondità della punta del palo.

Nel caso in cui si scelga di ridurre la pressione del terreno alla profondità della punta del palo, è possibile calcolare il valore di α con le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1 + 2 \cdot K_0}{3} \qquad \text{dove: se } \varphi \neq 0 \Rightarrow K_0 = 1 - sen(\varphi); \qquad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow K_0 = \frac{v}{1 - v}$$

Formulazione di Janbu (1976)

In condizioni drenate, con $\phi \neq 0$

Capitolo 23 Pag. 50

$$N_q^* = \left(tg(\varphi) + \sqrt{1 + tg^2(\varphi)}\right)^2 \cdot e^{2 \cdot g \cdot tg(\varphi)} \qquad N_c^* = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

$$g = 60 + 0.45 \cdot Dr$$

dove Dr è la densità relativa del terreno.

In condizioni non drenate, con $\varphi = 0$ $N_a^* = 1.00$ $N_c^* = 5.74$

Carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo

Si può ricavare il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo integrando le tensioni tangenziali che si sviluppano all'interfaccia palo-terreno. Si suppone di trovarsi nelle condizioni limite e si estende l'integrale a tutta la superficie laterale del palo:

$$Q_L = \int_{\Gamma} \tau_{\lim} \cdot d\Gamma = \int_{0}^{L} (c_a + \sigma_h \cdot tg(\delta)) \cdot P_{lat} \cdot dz$$

dove

ca è l'adesione all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità z.

 σ_h è la tensione orizzontale alla generica profondità z.

δ è l'angolo di resistenza a taglio all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità z.

P_{lat} è il perimetro della sezione trasversale del palo alla generica profondità z.

L è lo sviluppo longitudinale del palo.

Analogamente al carico limite alla punta, anche il carico limite laterale è influenzato dalla modalità esecutiva del palo qualunque sia la teoria utilizzata per il calcolo.

La tensione orizzontale σ_h è legata alla pressione verticale σ_v per mezzo del coefficiente di spinta orizzontale K_s secondo la seguente relazione:

 $\sigma_h = \sigma_v \cdot K_s$

 K_s dipende dal tipo di terreno, dal suo stato d'addensamento e dalla tecnologia utilizzata per la realizzazione del palo. Può variare da un limite inferiore pari al coefficiente di spinta a riposo K_0 fino a valori prossimi al coefficiente di spinta passiva K_p :

 $K_s = K_0 = 1 - sen(\varphi)$ (per pali trivellati) $K_s = 1 - tg^2(\varphi)$ (per pali infissi)

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio all'interfaccia terreno-palo δ è funzione della scabrezza della superficie del palo e della modalità esecutiva:

 $\delta = arctg(tg(\phi))$ (per pali trivellati) $\delta = arctg\left(\frac{3}{4} \cdot tg(\phi)\right)$ (per pali infissi)

Il valore dell'adesione c_a dipende dalla coesione c in condizioni drenate; dalla coesione non drenata c_u e dal coefficiente di adesione ψ nel caso di condizioni non drenate. Le espressioni da utilizzare sono le seguenti: $c_a = c_* \cdot \psi$ dove: $c_* = c$ (in condizione drenata); $c_* = c_u$ (in condizione non drenata).

Per determinare il coefficiente di adesione è possibile utilizzare diverse teorie:

Caquot-Kerisel (consigliato per pali trivellati)

 $\psi = \frac{100 + c_*^2}{100 + 7 \cdot c_*^2}$

Meyerhof-Murdock (consigliato per pali trivellati)

se $c_* < 5.00 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 1.000 - 0.100 \cdot c_*$
se $c_* \ge 5.00 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 0.525 - 0.005 \cdot c_*$

Whitaker-Cooke (consigliato per pali trivellati)

se $c_* < 2.50 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 0.90$
se $2.50 \le c_* < 5.00 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 0.80$
se $5.00 \le c_* \le 7.50 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi=0.60$
se $c_* > 7.50 \text{ N/cm}^2$	\Rightarrow	$\psi = 0.40$

Woodward (consigliato per pali trivellati)

\Rightarrow	$\psi = 0.90$
\Rightarrow	$\psi = 0.60$
\Rightarrow	$\psi = 0.50$
\Rightarrow	$\psi = 0.40$
\Rightarrow	$\psi = 0.30$
	$\begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \end{array}$

Determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde su rocce

Se negli strati di terreno interessati dal cuneo di rottura è presente un ammasso roccioso, al fine di determinare il carico limite della fondazione bisogna valutare il grado di solidità della roccia stessa. Questa valutazione può essere fatta stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso e si definisce come:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta > 100mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}.$$

L'RQD può variare da un valore minimo di 0 nel caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere sia inferiore a 100 mm, ad un massimo di 1 nel caso in cui la carota risulti integra.

Se l'RQD è molto basso, ovvero la roccia molto fratturata, il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto in analogia a quello di un terreno sciolto, utilizzando tutte le formulazioni descritte nei paragrafi precedenti.

Se invece le rocce non sono assimilabili ad ammassi di terreno sciolto è possibile ricorrere a due diverse formulazioni: quella di *Terzaghi* (1943) e quella di *Stagg-Zienkiewicz* (1968).

Formulazione di Terzaghi (1943)

 $\langle a \rangle$

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz per base poggiante su roccia (1968)

$$\begin{split} N_{q} &= tg^{6} \bigg(\frac{90^{\circ} + \varphi}{2} \bigg) & N_{c} &= 5 \cdot tg^{4} \bigg(\frac{90^{\circ} + \varphi}{2} \bigg) \\ s_{q} &= 1.00 & s_{c} &= 1.30 & \text{(fattori di forma)} \\ N_{q}^{*} &= RQD^{2} \cdot N_{q} \cdot s_{q} & N_{c}^{*} &= RQD^{2} \cdot N_{c} \cdot s_{c} \end{split}$$

Considerazioni sull'effetto di gruppo dei pali

Tutto quanto esposto nei paragrafi precedenti è da intendersi applicato al singolo palo. Nel caso di palificate o gruppi di pali, per tenere conto degli effetti che derivano dalla sovrapposizione dei bulbi di tensione si possono utilizzare i coefficienti di efficienza per rapportare la risposta del singolo palo a quella del gruppo.

Calcolo dei cedimenti delle fondazioni profonde

Durante la realizzazione dell'opera il terreno passa da uno stato di sforzo dovuto solamente al peso proprio ad uno nuovo dato dai carichi trasmessi alla fondazione dalla sovrastruttura. Questa variazione dello stato tensionale produce movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno, deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo. Solitamente questi fenomeni si possono ritenere localizzati in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico ed il loro insieme costituisce il cedimento. La determinazione dei cedimenti delle fondazioni ha rilevanza particolare nella fase di esercizio.

Il cedimento verticale del palo è dovuto al cedimento del terreno alla punta ed all'accorciamento elastico del fusto per effetto dei carichi verticali applicati in testa.

Per determinare il cedimento alla punta del palo si modella il terreno come mezzo pseudoelastico. Nonostante l'ipotesi sia forte date le caratteristiche meccaniche dei terreni, evidenze sperimentali hanno dimostrato che questo tipo di modellazione consente comunque di ottenere risultati rispondenti alla realtà in modo soddisfacente: il cedimento è da intendersi come la migliore stima delle deformazioni del terreno che si verificano all'applicazione dei carichi.

In letteratura sono esposti diversi metodi per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni profonde, nel seguito si riportano quelli implementati nel *Modulo geotecnico* di *PRO_SAP*.

Metodo delle curve di trasferimento

Il metodo semiempirico delle curve di trasferimento dei carichi è stato proposto originariamente da Coyle e Reese (1966). Si basa su dati empirici ricavati nel corso di prove di carico su pali in vera grandezza opportunamente strumentati lungo il fusto per il rilievo dei carichi e degli spostamenti a varie profondità. Elaborando tali dati è possibile costruire le curve di trasferimento che legano la tensione tangenziale mobilitata all'interfaccia palo-terreno lungo un concio del palo con lo spostamento relativo. Il metodo elaborato da Coyle e Reese è un metodo iterativo e per questo risulta facilmente utilizzabile da un calcolatore. I passi necessari per il calcolo dei cedimenti con questo metodo sono i seguenti:

- 1. determinazione della resistenza limite del palo sulla base di geometria e caratteristiche del terreno. Nel caso di terreni stratificati è necessario calcolare la resistenza limite di ogni strato di terreno attraversato dal palo per ricavare quella totale del terreno
- 2. si selezionano le curve di trasferimento appropriate tenendo conto della tipologia costruttiva del palo e del fatto che il terreno sia coesivo o incoerente
- 3. si calcola in cedimento alla punta del palo *Wp* entrando nella curva di trasferimento appropriata
- 4. in prima battuta si pone che il cedimento alla punta *Wp* sia uguale al cedimento che si verifica a metà del concio *Wn* e con questo valore si calcola la tensione tangenziale mobilitata
- 5. con questi dati è possibile calcolare l'abbassamento elastico alla metà del concio *Vn* supponendo una variazione lineare del carico con la profondità
- 6. si somma l'abbassamento elastico Vn così determinato al cedimento alla punta Wp stimato inizialmente
- 7. se questo valore, che chiameremo Wn', differisce in maniera significativa dal Wn stimato inizialmente allora si riparte dal passo 3 entrando nella curva di trasferimento con il valore Wn'
- 8. quando il processo giunge a convergenza per il concio alla base del palo che contiene la punta si passa ad analizzare con la stessa procedura il concio superiore. Si procede fino ad arrivare alla testa del palo
- 9. alla fine della procedura si ottiene la curva carico-cedimento del palo con la quale è possibile ricavare i cedimenti sulla base del carico applicato



Deformazione elastica del palo

La deformazione del palo, oltre che dalle caratteristiche meccaniche e geometriche dell'elemento, dipende anche dal carico agente su di esso applicato sia in testa che lungo il fusto del palo.

Nel caso in esame le due componenti che fanno deformare il palo assialmente sono il valore di portanza alla punta e quello di portanza per attrito laterale. Ipotizzando che il primo sia applicato in forma concentrata agli estremi dell'asta ed il secondo applicato uniformemente con legge di distribuzione lineare lungo lo sviluppo longitudinale del palo, il valore della deformazione finale sarà:

$$w_{\text{asta}} = \frac{Q_p \cdot L}{E_{asta} \cdot A_{asta}} + \frac{Q_L \cdot L}{2 \cdot E_{asta} \cdot A_{asta}}$$

Cedimento totale del palo

Il cedimento totale del palo sarà la somma dei due contributi visti sopra: quello alla punta e quello della deformazione elastica.

$$w_{tot} = w_{punta} + w_{asta}$$

Il valore del cedimento totale viene utilizzato anche per il calcolo delle costanti elastiche verticali del palo. Una volta determinato il valore del cedimento totale, le costanti di Winkler vengono calcolate come rapporto tra la capacità portante del palo ed il cedimento ipotizzando che le due tipologie di molle, quelle alla punta e quelle lungo il fusto del palo, lavorino in parallelo e dunque che la resistenza alla punta si sviluppi contemporaneamente a quella lungo il fusto.

Uso delle combinazioni di carico di PRO_SAP

CODICI	ТІРО СМВ	USO PER TERRENO
0 con 0	TAMM struttura	SI
0 con 9	TAMM struttura con sisma statico	SI
0 con 10	TAMM struttura con sisma dinamico	SI
1 con 0	SLU struttura	NO
1 con 9	SLU struttura con sisma statico	SI
1 con 10	SLU struttura con sisma dinamico	SI
2	SLE RARE	SI
3	SLE FREQUENTI	NO
4	SLE QUASI PERMANENTI	SI
5	SLU ACCIDENTALI	NO
6 con 9	SLD sismico statico	SI
6 con 10	SLD sismico dinamico	SI
7	PUSHOVER	NO
8	SLU TERRENO A1	SI
9	SLU TERRENO A2	SI
10	SLU TERRENO G	SI

Bibliografia essenziale

R. Nova	Fondamenti di meccanica delle terre	McGraw-Hill
R. Lancellotta	Geotecnica	Zanichelli
J. Atkinson	Geotecnica - meccanica delle terre e fondazioni	McGraw-Hill
J. E. Bowles	Foundation Analysis and Design (5th Ed.)	McGraw-Hill
C. Viggiani	Fondazioni	Hevelius Ed.
R. Lancellotta - J. Calavera	Fondazioni	McGraw-Hill
H. G. Poulos - E. H. Davis	Pile Foundation Analysis and Design	John Wiley & Sons
R.Sansoni	Pali e fondazioni su pali	Hoepli
M.Tanzini	Micropali e pali di piccolo diametro	Dario Flaccovio
O. Belluzzi	Scienza delle costruzioni Vol. 1	Zanichelli
P. Pozzati	Teoria e tecnica delle strutture Vol. 1 e Vol. 2 parte 1°	Utet
E. Turco - R. Casciaro - A.	Scienza delle costruzioni	McGraw-Hill
Bilotta		
F. Porco - G. Formica		
E. Giangreco	Teoria e tecnica delle costruzioni	Liguori

Tabella dei codici di errore

Codice Errore	Descrizione
1	Le dimensioni della base sono maggiori di quelle relative alla lunghezza nell'elemento:!
2	Eccentricità eccessiva! (0 < eccentricità/dimensione < 0.3) nella CMB nell'elemento:!
3	Il valore dell'angolo di resistenza al taglio è NULLO all'interfaccia terreno-fondazione nell'elemento:!
-3	Il valore della coesione non drenata è NULLO all'interfaccia terreno-fondazione nell'elemento:!
4	Una o più dimensioni della fondazione sono NULLE nell'elemento:!
5	Il valore dell'angolo di resistenza al taglio è NULLO in uno o più strati di terreno presenti nel Cuneo di Rottura dell'elemento: !
-5	Il valore della coesione non drenata è NULLO in uno o più strati di terreno presenti nel Cuneo di Rottura dell'elemento:!
6	Impossibile determinare i Coeff. d'Inclinazione del Carico nella CMB nell'elemento:!
7	Cuneo di rottura oltre lo spessore della stratigrafia di terreno nell'elemento:!
8	Quota della fondazione oltre lo spessore della stratigrafia di terreno nell'elemento:!
9	Il valore di verifica a schiacciamento è NULLO nella CMB nell'elemento:!
10	Il valore di verifica a scorrimento parallelamente alla base è NULLO nella CMB nell'elemento:!
11	Il valore di verifica a scorrimento parallelamente alla lunghezza è NULLO nella CMB nell'elemento:!
12	La verifica a schiacciamento risulta negativa nella CMB nell'elemento:!
13	La verifica a scorrimento parallelamente alla base risulta negativa nella CMB nell'elemento:!
14	La verifica a scorrimento parallelamente alla lunghezza risulta negativa nella CMB nell'elemento:!
15	Il valore dello sforzo normale è POSITIVO nella CMB nell'elemento:!
16	II CARICO NETTO risulta NULLO (fondazione compensata), il CEDIMENTO NETTO nell'elemento: è funzione del Carico Applicato!
17	L'altezza dello strato deformabile richiesta è superiore allo spessore della stratigrafia di terreno nell'elemento:!
18	Il valore dell'indice RQD è NULLO nello strato di terreno presente alla punta del palo nell'elemento:!
19	Errore nel calcolo della portanza di punta per dati fuori dal range di validità (Teoria di Berezantzev) nell'elemento:!
20	Il valore di verifica a compressione nella CMB soddisfa appena il peso proprio del palo n° nell'elemento:!
21	La verifica a compressione nella CMB non risulta soddisfatta nel palo n° dell'elemento:!
22	La verifica a trazione nella CMB non risulta soddisfatta nel palo n° dell'elemento:!
23	Il valore della portanza verticale soddisfa appena il peso proprio del palo nell'elemento:!
24	Il valore dell'attrito negativo lungo il palo è maggiore della resistenza verticale per attrito laterale nell'elemento:!
25	Azioni NULLE nell'elemento: nella CMB !
26	Sforzo Normale inammissibile nell'elemento: nella CMB: !
27	Impossibile equilibrare la sollecitazione flettente nell'elemento: nella CMB: !

Legenda colori:

n°	Colore rosso per segnalazione Errore.			
n°	Colore	arancio	per	segnalazione
	Warning			

Capitolo 24

Verifica edifici esistenti

Questo capitolo presenta, in modo sintetico, l'uso dei comandi e delle procedure per la verifica degli edifici esistenti.

Verifica degli edifici esistenti

Verifica di strutture esistenti in c.a.

Proprietà dei materiali

Metodi di verifica per strutture esistenti in c.a.

1. Verifica con l'impiego del fattore di comportamento q

2. Verifica con lo spettro elastico

3. Verifica con analisi statica non lineare (pushover)

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in c.a.

Tabella riassuntiva delle verifiche per gli edifici in cemento armato

Interventi di rinforzo per edifici esistenti in cemento armato

Individuazione carenze ante-operam

Incamiciatura in cemento armato

Beton plaquè

Incamiciatura in acciaio e metodo CAM

Fibrorinforzi (FRP)

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in cemento armato con rinforzi Verifica di edifici esistenti in muratura

Proprietà dei materiali

Metodi di verifica per strutture esistenti in muratura

1. Verifica attraverso un insieme esaustivo di verifiche locali su macroelementi

2. Verifica con analisi globale lineare della risposta sismica della struttura

3. Verifica con analisi statica non lineare (pushover)

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in muratura

Interventi di rinforzo per edifici esistenti in muratura

Richiami di normativa

PRO_SAP: definizione dei rinforzi ed assegnazione agli elementi strutturali Verifiche degli elementi con assegnati dei rinforzi

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in muratura con rinforzi Verifica di strutture esistenti in acciaio

Proprietà dei materiali

Metodi di verifica per strutture esistenti in acciaio

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in acciaio

Verifica di strutture esistenti in legno

Proprietà dei materiali

Metodi di verifica per strutture esistenti in legno

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in legno

Calcolo del fattore di accelerazione (alfa) per cui un edificio risulta verificato

Metodi di analisi lineare

Analisi non lineare

Compilazione delle schede della protezione civile

Applicazione ad un edificio in muratura – Analisi lineare

Applicazione ad un edificio in calcestruzzo – Analisi lineare con q = 1

Verifica degli edifici esistenti

La verifica degli edifici esistenti consente di valutare se un edificio esistente è in grado o meno di resistere alle combinazioni sismiche di progetto, contenute nelle norme di riferimento.

In genere le verifiche degli edifici esistenti si possono eseguire con riferimento ai soli SLU, salvo che per le strutture in classe d'uso IV per le quali sono richieste anche le verifiche in esercizio specificate al §7.3.6 del D.M.2018.

Per quanto riguarda le verifiche nelle combinazioni sismiche si possono eseguire, secondo quanto specificato al §7.3.6 del D.M.2018, in SLV o, in alternativa, in SLC dal momento che molto spesso gli edifici esistenti non soddisfano né i principi di gerarchia delle resistenze né posseggono adeguata duttilità.



Se si usa la definizione automatica dei casi di carico sismici PRO_SAP predispone automaticamente i casi di carico allo Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLV) e quelli allo Stato Limite di Danno (SLD). Se non è necessario considerare lo stato limite di danno è necessario eliminare manualmente i casi di carico prima di generare le combinazioni.

Analogamente, se è necessario considerare lo stato limite di collasso anziché quello di salvaguardia della vita è necessario modificare manualmente i casi di carico. In alternativa è possibile non utilizzare la definizione automatica dei casi di carico sismici e definire manualmente i casi di carico necessari per le analisi dell'edificio esistente.

Verifica di strutture esistenti in c.a.

Proprietà dei materiali

Nel caso si voglia verificare un edificio esistente in c.a. è necessario indicare nell'archivio dei materiali che si tratta di un materiale esistente.

A questo punto il programma chiede se si vuole la conversione automatica dei parametri da valori caratteristici a valori medi o se si intende modificare i parametri manualmente:



I parametri richiesti per la definizione di un materiale tipo cemento armato esistente sono gli stessi richiesti per un materiale tipo cemento armato nuovi. Per brevità se ne omette la descrizione e si rimanda al capitolo 11.

Le differenze tra un materiale nuovo ed un materiale esistente principalmente due: come già accennato i valori della resistenza sono medi, non caratteristici. Inoltre per i materiali esistenti è richiesto di specificare il valore del fattore di confidenza FC:

200			
ateriale corren	to		
aliestruzy (Josef G2500		
	🖬 Definizione proprietà materiale	бро са	
Copia	Sninga identificativa		
50720	😑 Generalità		
Аррыса	Materiale existente	1	
	Fattore di confidenza FC m	0.0	
	Fattore di confidenza FC a	0.0	1.47
	E Resistenze		
	Resistenza Rom	300.0 [daN/on2]	12.02
	Resistenza fctm	25.58 [daN/om2]	
	Elasto-plastico per este n	+	
	🖃 Proprietà		
	Peso specifico	2.5000e-03 (daN/cm3)	
	Dilatazione termica	1.0000e-05 [1/C]	
	Smorzamento	5.0	_
	😑 Costanti elastiche		
	Modulo E	314470.0 [daN/cm2]	
	Poleson	0.12	
	Modulo G	140390.0 [deN/cm2]	•
	Advantation and advantation		



È possibile specificare il valore di FC sia nelle proprietà del materiale, se il materiale è esistente, sia al passo I dei casi di carico sismici. Se vengono specificati entrambi i valori viene utilizzato quello indicato nell'archivio dei materiali. Se invece nell'archivio dei materiali si lascia il valore zero viene utilizzato FC specificato al passo I dei casi di carico sismici. Questo permette di considerare

per uno specifico materiale un valore di FC diverso da quello assegnato al resto della struttura. È utile per esempio se per uno specifico materiale o per una specifica parte della struttura sono state fatte più prove che per gli altri materiali o per gli altri elementi strutturali.

Metodi di verifica per strutture esistenti in c.a.

La circolare 7/2019 prevede tre diversi metodi di verifica per le strutture in c.a.:

- 1. Verifica con l'impiego del fattore di comportamento q analisi lineare statica o dinamica
- 2. Verifica con lo spettro elastico (q=1) analisi lineare statica o dinamica
- 3. Verifica con analisi statica non lineare (Pushover)

PRO_SAP consente l'applicazione di tutti e tre i metodi di verifica previsti dalla norma.

1. Verifica con l'impiego del fattore di comportamento q - analisi lineare statica o dinamica

È il metodo di verifica più semplice. Le verifiche richieste dalla norma sono le stesse previste per gli edifici nuovi, ma tenendo conto anche del fattore di confidenza sul materiale FC oltre che del coefficiente di sicurezza.

Il riferimento normativo sono il §C8.7.2.2.1 ed il §C8.7.2.2.2 della circolare 7/2019, di cui si riporta uno stralcio:

Analisi statica lineare con fattore di comportamento q

È possibile utilizzare lo spettro di progetto, definito in § 3.2.3 delle NTC, assumendo il valore del fattore di comportamento q nel campo fra 1,5 e 3,0 sulla base della regolarità della costruzione in esame nonché delle sollecitazioni delle membrature dovute ai carichi verticali. Valori superiori a quelli indicati devono essere adeguatamente giustificati tenendo debito conto della duttilità disponibile a livello locale e globale. Nel caso in cui il sistema strutturale resistente all'azione orizzontale sia integralmente costituito da elementi strutturali di nuova costruzione, si possono adottare i valori dei fattori di comportamento validi per le nuove costruzioni; in tal caso occorre verificare la compatibilità degli spostamenti con le strutture esistenti.

Le verifiche devono essere eseguite in termini di resistenza, controllando che, per clascun elemento strutturale, la domanda in termini di sollecitazioni sia inferiore o uguale alla corrispondente capacità.

La domanda sugli elementi strutturali si ottiene dall'analisi con spettro di risposta elastico ridotto, rispettivamente, per gli elementi/meccanismi "duttili" del fattore di comportamento attribuito alla struttura, per gli elementi/meccanismi "fragili" del fattore di comportamento q = 1,5. Per questi ultimi la domanda non può superare quella trasmessa dagli elementi/meccanismi duttili ad essi alternativi, valutata come indicato al punto b) del §C8.7.2.2.

C8.7.2.2.2 Analisi dinamica modale con spettro di risposta elastico o con fattore di comportamento q

Tale metodo di analisi è applicabile secondo quanto indicato al § 7.3.3.1 delle NTC, alle medesime condizioni di cui ai punti precedenti. La prima modalità prevede che lo spettro di risposta da impiegare sia quello elastico di cui al § 3.2.3 delle NTC e si applica con le stesse modalità di cui all'analisi statica lineare con spettro elastico; la seconda che si faccia riferimento ad uno spettro di progetto, definito nel § 3.2.3 delle NTC, utilizzando le precisazioni riportate per l'analisi statica lineare con fattore q.



Lo Stato Limite di Collasso non può essere verificato utilizzando il metodo del fattore di comportamento q (si veda il §C8.7.2.3.2 della circolare 7/2019)

PREPARAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO ED ESECUZIONE DELLE ANALISI

La realizzazione di un modello di calcolo per le verifiche di un edificio esistente con questo metodo non è diversa rispetto a quella di un edificio nuovo: i comandi da utilizzare sono gli stessi. Per brevità quindi si omettono e si rimanda ai capitoli precedenti del manuale.

Per quanto riguarda la definizione del fattore di comportamento al passo III dei casi di carico sismici è disponibile un aiuto che consente il calcolo automatico del fattore di comportamento da utilizzare per le verifiche degli edifici esistenti in cemento armato con questo metodo. L'aiuto si basa sul §C8.7.2.2.1 e §C8.7.2.2.2 della circolare 7/2019

ESECUZIONE DELLE VERIFICHE

Una volta eseguita l'analisi della struttura per eseguire le verifiche di un edificio esistente in c.a. con questo metodo bisogna compiere i seguenti passi:

- 1. nel contesto di *Visualizzazione risultati* bisogna controllare i risultati dell'analisi (in particolare deformate e sollecitazioni) per assicurarsi che non ci siano errori di modellazione
- 2. nel contesto di *Assegnazione dati di progetto* definizione delle armatura con uno dei metodi messi a disposizione del programma:
 - a. definizione degli schemi di armatura
 - b. progetto simulato
- 3. solo se è stato scelto di definire gli schemi di armatura utilizzare il comando Contesto ► Esecuzione progettazione ► Verifica schemi armatura. Attenzione: questo comando non esegue nessuna verifica, serve solamente a leggere le armature definite tramite gli schemi di armatura
- 4. utilizzare il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Verifica edificio esistente* per eseguire le verifiche degli elementi strutturali

Definizione degli schemi di armatura

Per la definizione degli schemi di armatura di travi e pilastri in cemento armato si rimanda al capitolo 11 del manuale di PRO_SAP.

Per gli elementi d3 non sono disponibili gli schemi di armatura, sia per i setti che per i gusci le armature si impostano nei criteri di progetto.

Per quanto riguarda i setti, nel caso degli edifici esistenti è necessario impostare nel criterio di progetto per le pareti in c.a. *Progetto armatura* ► *Singolo elemento* dal momento che la circolare non fa riferimento alle pareti nei paragrafi dedicati alle verifiche degli edifici esistenti in cemento armato nei paragrafi dedicati alle verifiche con il metodo del fattore di comportamento q.

Progetto simulato

Il progetto simulato è un metodo per ricavare le armature presenti negli elementi strutturali in cemento armato quando non è disponibile la documentazione riguardante le opere e non è possibile eseguire indagini esaustive. La circolare 7/2019 parla del progetto simulato al §C8.5.2.2.

È possibile eseguire un progetto simulato in PRO_SAP con questa procedura:

- 1. usare il comando Salva con nome e salvare il modello con un altro nome
- 2. trasformare tutti i materiali esistenti in materiali nuovi
- 3. modificare la normativa da D.M.2018 alla normativa che è stata utilizzata all'epoca in cui è stato realizzato l'edificio. Per verifiche alle tensioni ammissibili usare sempre il D.M.96 anche se la struttura è stata realizzata in epoca precedente
- 4. se necessario modificare lo schema statico e/o le proprietà degli elementi strutturali in base a quelle che possono essere state le scelte compiute dal progettista all'epoca (per esempio: pilastri infinitamente rigidi assialmente, deformabilità a taglio trascurata, vincoli rigidi alla base, ecc...)
- 5. correggere i carichi applicati alla struttura indicando quelli che si presume abbia considerato il progettista o quelli previsti dalle norme in vigore all'epoca in cui è stata realizzata la costruzione
- 6. ridefinire le combinazioni di calcolo
- 7. ridefinire i criteri di progetto in accordo alla normativa in vigore all'epoca in cui è stata realizzata la costruzione (coefficienti di sicurezza, dettagli costruttivi, ecc...)

II modello del progetto simulato deve essere topologicamente identico al modello dove si esegue l'analisi non lineare: i due modelli devono avere lo stesso numero di nodi ed elementi. Nel caso si ritenga che all'epoca in cui è stata realizzata la costruzione il progettista abbia calcolato le sollecitazioni agenti sulla struttura ponendo dei vincoli rigidi alla base della struttura ma si vogliano modellare gli elementi di fondazione si consiglia di modellare le fondazioni in entrambi i modelli e nel modello del progetto simulato indicare un k di Winkler molto elevato (per esempio 40 daN/cm^3) in modo che il comportamento del modello sia simile a quello che si avrebbe con i vincoli rigidi alla base della struttura.

L'analisi e le verifiche del progetto simulato si eseguono come se fosse una normale struttura nuova in c.a., quindi si rimanda al capitolo 11 del manuale per le informazioni riguardanti l'esecuzione delle verifiche.

Una volta ottenute le armature con il progetto simulato si possono salvare i dati, chiudere il modello e tornare nel modello per le verifiche dell'edificio esistente.

Nel modello per le verifiche dell'edificio esistente per importare le armature dal modello del progetto simulato, nel contesto di *Assegnazione dati di progetto* si usa il comando *Modifica* ► *Importa armature*

CONTROLLO DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE

Con il metodo del fattore di comportamento q, allo Stato Limite di salvaguardia della Vita, è necessario eseguire e seguenti verifiche:

- duttili:
 - o verifica a pressoflessione
 - verifica a flessione delle ali di fondazione
- fragili:
 - verifica a taglio lato calcestruzzo (V/T cls)
 - verifica a taglio lato acciaio (V/T acciaio)
 - o verifica sismica N
 - verifica nodi
 - o verifica 25
 - verifica di punzonamento

Come già detto in precedenza, le verifiche eseguite con questo metodo sono le stesse previste per un edificio nuovo, tranne che per il fatto che è necessario considerare il fattore di confidenza.

Per brevità si omette la descrizione delle verifiche da eseguire ed i comandi per il controllo dei risultati e si rimanda al capitolo 11 del manuale.

È però necessario fare alcune puntualizzazioni:

- in accordo con la circolare le verifiche allo *Stato Limite di Ultimo (SLV)* sono eseguite considerando i valori medi delle proprietà dei materiali divisi per il coefficiente parziale di sicurezza e per il fattore di confidenza. Il fattore di confidenza amplifica il coefficiente parziale di sicurezza sul materiale anche per le verifiche nelle combinazioni non sismiche.
- la normativa non specifica se con il metodo del fattore di comportamento nelle verifiche a taglio è necessario considerare il taglio derivante dall'analisi della struttura o quello ottenuto dalla gerarchia

delle resistenze, quindi il programma lascia la scelta al progettista. Se il progettista vuole usare il taglio dell'analisi deve attivare le opzioni *No gerarchia* nei criteri di progetto di travi e pilastri in c.a.; se il progettista vuole usare il taglio da gerarchia non deve attivare queste opzioni

- la cotangente di theta può assumere il valore massimo di 2.5 a meno che l'utente non specifichi un
 valore diverso nei criteri di progetto. In caso di torsione significativa sull'elemento strutturale viene
 posto automaticamente cot(theta) = 1. Se su una trave sono presenti ferri sagomati, cioè se nei
 criteri di progetto delle travi percentuale sagomati viene posta diversa da zero, viene posto
 automaticamente cot(theta) = 1
- per gli edifici esistenti è sempre obbligatorio eseguire la verifica dei nodi che però si esegue solo sui nodi non confinati (che sono individuati automaticamente dal programma). Sono richieste sia la verifica a compressione che quella a trazione del nodo.

2. Verifica con lo spettro elastico (q=1)

Questo metodo di verifica è disponibile solamente per travi e pilastri in cemento armato

Secondo questo metodo la verifica di sicurezza degli edifici esistenti viene eseguita con riferimento all'azione sismica data dallo spettro elastico relativo alla zona sismica di interesse.

Prima di poter eseguire le analisi lineari con lo spettro elastico, è necessario eseguire un controllo di accettazione del modello lineare, e verificare che il metodo sia applicabile alla struttura in esame.

Il riferimento normativo sono il §C8.7.2.2.1 ed il §C8.7.2.2.2 della circolare 7/2019, di cui si riporta uno stralcio:

C8.7.2.2.1 Analisi statica lineare

L'analisi statica lineare può essere effettuata ove siano soddisfatte le condizioni di cui al § 7.3.3.2 delle NTC, con le seguenti indicazioni aggiuntive:

- considerando tutti gli elementi primari della struttura ed indicato, per l'i-esimo di tali elementi, con p_i = D_i/C_i il rapporto tra il momento flettente D_i fornito dall'analisi della struttura soggetta alla combinazione di carico sismica e il corrispondente momento resistente C_i (valutato in presenza dello sforzo normale relativo alle condizioni di carico gravitazionali), il coefficiente di variazione di tutti i p_i ≥ 1 non deve superare il valore di 0,5;
- la capacità C₁ degli elementi/meccanismi fragili è maggiore della corrispondente domanda D₁, quest'ultima calcolata sulla base della capacità degli elementi duttili adiacenti, se il p₁ degli elementi/meccanismi fragili è maggiore di 1, oppure sulla base dei risultati dell'analisi, se il p₁ degli elementi/meccanismi fragili è minore di 1.

Analisi statica lineare con spettro elastico

Nel caso di analisi lineare con spettro elastico, lo spettro di risposta da impiegare è quello elastico di cui al § 3.2.3 delle NTC eseguendo l'analisi e la verifica secondo quanto previsto nel §7 per le costruzioni non dissipative.

C8.7.2.2.2 Analisi dinamica modale con spettro di risposta elastico o con fattore di comportamento q

Tale metodo di analisi è applicabile secondo quanto indicato al § 7.3.3.1 delle NTC, alle medesime condizioni di cui ai punti precedenti. La prima modalità prevede che lo spettro di risposta da impiegare sia quello elastico di cui al § 3.2.3 delle NTC e si applica con le stesse modalità di cui all'analisi statica lineare con spettro elastico; la seconda che si faccia riferimento ad uno spettro di progetto, definito nel § 3.2.3 delle NTC, utilizzando le precisazioni riportate per l'analisi statica lineare con fattore q.

PREPARAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO ED ESECUZIONE DELLE ANALISI

La realizzazione di un modello di calcolo per le verifiche di un edificio esistente con questo metodo non è diversa rispetto a quella di un edificio nuovo: i comandi da utilizzare sono gli stessi. Per brevità quindi si omettono e si rimanda ai capitoli precedenti del manuale.

ESECUZIONE DELLE VERIFICHE

Una volta eseguita l'analisi della struttura per eseguire le verifiche di un edificio esistente in c.a. con questo metodo bisogna compiere i seguenti passi:

- 1. nel contesto di *Visualizzazione risultati* bisogna controllare i risultati dell'analisi (in particolare deformate e sollecitazioni) per assicurarsi che non ci siano errori di modellazione
- 2. nel contesto di *Assegnazione dati di progetto* definizione delle armatura con uno dei metodi messi a disposizione del programma:
 - a. definizione degli schemi di armatura
 - b. progetto simulato

- 3. solo se è stato scelto di definire gli schemi di armatura utilizzare il comando Contesto ► Esecuzione progettazione ► Verifica schemi armatura. Attenzione: questo comando non esegue nessuna verifica, serve solamente a leggere le armature definite tramite gli schemi di armatura
- 4. utilizzare il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Verifica edificio esistente* per eseguire le verifiche degli elementi strutturali
- 5. eseguire il controllo di accettazione
- 6. se il controllo di accettazione è superato controllare i risultati delle verifiche

Per la descrizione dei metodi di definizione delle armature degli elementi esistenti si faccia riferimento al paragrafo precedente sulle verifiche con il metodo del fattore di comportamento q.

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Il controllo di accettazione è definito al §C8.7.2.2.1 della circolare 7/2019.

In PRO_SAP i comandi per eseguire il controllo di accettazione diventano disponibili dopo aver eseguito le verifiche con il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Verifica edificio esistente*

I comandi da utilizzare per il controllo di accettazione sono Travi cls s.l. \blacktriangleright S.L. edifici esistenti \blacktriangleright Rapporto rho (acc.) e Pilastri cls s.l. \triangleright S.L. edifici esistenti \blacktriangleright Rapporto rho (acc.):



Le fasi del controllo sono le seguenti:

- 1. attivare il comando rapporto rho (acc.) per le travi oppure per i pilastri
- 2. impostare il valore 1 come minimo nella mappa dei valori del risultato e cliccare sul comando Range
- 3. prendere il valore massimo della mappa ed il valore minimo tra quelli maggiori di 1
- 4. fare il rapporto tra i due valori
- 5. controllare che il rapporto sia minore di 0.5 se si vuole seguire la circolare 7/2019 oppure controllare che il rapporto sia minore di 2.5 se si vuole considerare il §4.4.2 dell'Eurocodice 8 parte 3
- 6. se il rapporto è minore del limite fornito dalla normativa di riferimento è possibile procedere con le verifiche

La circolare indica che è necessario un controllo di accettazione anche per il taglio. In PRO_SAP è possibile eseguirlo con i comandi *Travi cls s.l.* ► *S.L. edifici esistenti* ► *Verifica fragili (taglio acc.)* e *Pilastri cls s.l.* ► *S.L. edifici esistenti* ► *Verifica fragili (taglio acc.)* e *Pilastri cls s.l.* ► *S.L. edifici esistenti* ► *Verifica fragili (taglio acc.)* e



Affinché il controllo di accettazione per il taglio sia superato è necessario che i valori in mappa siano < 1.

Se il controllo di accettazione non è superato non è possibile applicare questo metodo per la verifica della struttura. È necessario utilizzare uno degli altri due metodi proposti dalla circolare.

Per quanto riguarda il controllo di accettazione bisogna puntualizzare che:

- in accordo con la circolare la capacità per eseguire il controllo di accettazione viene calcolata considerando i valori medi delle proprietà dei materiali divisi solamente per il coefficiente parziale di sicurezza, non per FC
- la norma indica se considerare per le verifiche il taglio derivante dall'analisi della struttura o quello da gerarchia a seconda dei risultati del controllo di accettazione. In particolare per gli elementi con rapporto rho (acc.) > 1 si usa il taglio da gerarchia, per quelli con rapporto rho (acc.) > 1 si usa il taglio dell'analisi
- poiché da normativa il taglio di progetto va considerato in base al risultato del controllo di accettazione l'utente non può scegliere se applicare o meno la gerarchia: per eseguire le verifiche

con questo metodo, in PRO_SAP, nei criteri di progetto di travi e pilastri in c.a. la gerarchia delle resistenze deve rimanere attiva

la cotangente di theta può assumere il valore massimo di 2.5 a meno che l'utente non specifichi un
valore diverso nei criteri di progetto. In caso di torsione significativa sull'elemento strutturale viene
posto automaticamente cot(theta) = 1. Se su una trave sono presenti ferri sagomati, cioè se nei
criteri di progetto delle travi percentuale sagomati viene posta diversa da zero, viene posto
automaticamente cot(theta) = 1

CONTROLLO DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE

Se si applica il metodo dello spettro elastico le verifiche duttili sono verifiche di rotazione rispetto alla corda, mentre le verifiche fragili sono verifiche di resistenza a taglio. Le verifiche fragili sono quindi le stesse verifiche a taglio previste per un edificio nuovo, con la particolarità che si decide se usare il taglio derivante dall'analisi della struttura o quello da gerarchia in base all'esito del controllo di accettazione.

Le verifiche di rotazione rispetto alla corda sono eseguite con le formule fornite dalla circolare al §C8.7.2.3.2 di cui se ne riporta uno stralcio:

Allo SLC, per la valutazione della capacità θ_{ii} in termini di rotazione totale rispetto alla corda può essere utilizzata anche la seguente equazione:

$$\theta_{\mu} = \frac{1}{\gamma_{el}} \left(\theta_{\mu} + (\phi_{\mu} - \phi_{\mu}) L_{\mu\nu} \left(1 - \frac{0.5L_{\mu\nu}}{L_{\nu}} \right) \right) \qquad |C8.7.2.5|$$

 \mathcal{E}_{μ} , LV è la luce di taglio e L_{μ} è la lunghezza di cerniera plastica valutabile come:

$$L_{pl} = 0.1L_{v} + 0.17h + 0.24 \frac{d_{bL}f_{j}}{\sqrt{f_{i}}}$$
 [C8.7.2.6]

dove k è l'altezza della sezione, d_{bL} è il diametro (medio) delle barre longitudinali, ed f_C e f_Y sono rispettivamente la resistenza a compressione del calcestruzzo e la resistenza a suervamento dell'acciaio longitudinale (in MPa), ottenute come media delle prove eseguite in sito e da fonti aggiuntive di informazione, divise per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto.

C8.7.2.3.3 Stato limite di salvaguardia della vita

La capacità di rotazione totale rispetto alla corda allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), 05D, può essere assunta pari a 3/4 del valore 0₄valutato per lo SLC.

C8.7.2.3.4 Stato limite di danno

La capacità 0_g in termini di rotazione totale rispetto alla corda al raggiungimento della tensione di snervamento può essere valutata mediante le seguenti espressioni:

per travi e pilastri

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_v}{3} + 0.0013 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_v} \right) + 0.13 \phi_r \frac{d_b f_r}{\sqrt{f_c}} \qquad [C8.7.2.7a]$$

PRO_SAP aggiorna automaticamente i menù per il controllo dei risultati delle verifiche in base al fattore di comportamento indicato al passo III dei casi di carico sismici. Impostando q = 1, cioè scegliendo il metodo dello spettro elastico, per controllare i risultati delle verifiche di travi in c.a. sono disponibili i seguenti risultati:



Stato delle verifiche

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- colore blu elementi progettati di altro materiale

Gerarchia delle resistenze

I risultati che si controllano con il menù gerarchia delle resistenze non hanno effetto sullo stato di progetto

- *Momento res I+J-*: momento resistente positivo nell'estremo iniziale e negativo nell'estremo finale di ciascuna trave
- *Momento res I-J+*: momento resistente negativo nell'estremo iniziale e positivo nell'estremo finale di ciascuna trave
- Luce di taglio: luce utilizzata per il calcolo del taglio da gerarchia delle resistenze, espressa in cm
- Taglio da mom. Res. I+J-: taglio da gerarchia ottenuto dai momenti I+ e J-
- Taglio da mom. Res. I-J+: taglio da gerarchia ottenuto dai momenti I- e J+

Carenze ante-operam

I risultati che si controllano con il menù Carenze ante-operam non hanno effetto sullo stato di progetto

- Carenza duttili SLV (%): riporta la carenza allo Stato Limite di salvaguardia della Vita, espressa in percentuale
- Carenza duttili SLD (%): riporta la carenza allo Stato Limite di Danno, espressa in percentuale
- Carenza V: riporta la carenza a taglio, espressa in termini di daN di taglio che la trave non è in grado di portare
- Carenza Afw: riporta la carenza a taglio, espressa in termini di cm² di armatura mancanti per assorbire il taglio sollecitante

Rinforzi post-operam

Il menù è disponibile solo se è attivo il comando *Mostra S.L. post-operam*. I risultati che si controllano con il menù *Rinforzi post-operam* non hanno effetto sullo stato di progetto

- *Rinforzo V*: riporta l'incremento di taglio dovuto al rinforzo applicato all'elemento strutturale, espresso in daN
- Confinamento fcc/fc: riporta il rapporto tra fcc del calcestruzzo confinato ed fc iniziale calcolato secondo il §3.1.9 dell'Eurocodice 2
- Confinamento eps: riporta il valore della deformazione ultima del calcestruzzo tenendo conto del confinamento

Mostra S.L. post-operam

Solo per elementi rinforzati. Consente di controllare i risultati delle verifiche al post-operam

S.L. edifici esistenti (q = 1)

- *Rapporto rho (acc)*: controllo di accettazione. Rapporto tra momento flettente (domanda) e momento resistente (capacità) dell'elemento
- *Verifica fragili (taglio acc)*: controllo di accettazione. Rapporto tra taglio (domanda) e resistenza a taglio (capacità) dell'elemento
- *Verifica duttili (rot.corda SLV*): verifiche duttili allo SLV. Rapporto tra la rotazione alla corda e la rotazione ultima allo SLV. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1

- *Verifica fragili (taglio SLV)*: verifiche fragili allo SLV. Rapporto tra il taglio di progetto e la resistenza a taglio. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- *Verifica duttili (rot.corda SLC)*: verifiche duttili allo SLC. Rapporto tra la rotazione alla corda e la rotazione ultima allo SLC. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- *Verifica fragili (taglio SLC)*: verifiche fragili allo SLC. Rapporto tra il taglio di progetto e la resistenza a taglio. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- *Verifica duttili (rot.corda SLD)*: verifiche duttili allo SLD. Rapporto tra la rotazione alla corda e la rotazione ultima allo SLC. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1

Inviluppo S.L.U.

Inviluppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni considerate per le verifiche agli S.L.U. Gli inviluppi tengono conto anche di quanto definito nei criteri di progetto

Diagramma Af

Mappa delle armature longitudinali delle travi, espresse in cm². Il diagramma sopra l'elemento d2 rappresenta l'armatura all'estradosso, il diagramma sotto l'armatura all'intradosso. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Diagramma At

Mappa delle armature traversali delle travi, espresse in cm². Il diagramma sopra l'elemento d2 rappresenta l'armatura a taglio, il diagramma sotto l'armatura a torsione. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Rapporto Af

Mappa del rapporto tra l'armatura longitudinale e l'area della sezione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è compreso nei limiti definiti nei criteri di progetto.

Aree taglio-tors.

Mappa delle armature a scorrimento dovute al taglio ed alla torsione. Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Isola non verificati

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Controllo puntuale dei risultati di un singolo elemento

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

Per le travi sono riportati i seguenti risultati:

El Finestra di controllo generale	– 🗆 X
B Stato di progetto e verifica Armatura longitudinale Af sup. = 3.08 (es. 0 diam. 0 + 0 diam. 0) Af inf. = 3.08 (es. 0 diam. 0 + 0 diam. 0) Af tors. = 0.0 (es. 0 diam. 0) Fattore ridistribuzione: 0.0 B- Tensioni normali (verifica s.l.u.) B- Armatura trasversale L = 65.00 staffe 2d8/8.00 (prog: OK (passo raffittito)) (sag.= 0.0) L = 65.00 staffe 2d8/25.00 (prog: NV (passo > passo corrente)) (sag.= 0.0) L = 65.00 staffe 2d8/8.00 (prog: OK (passo raffittito)) (sag.= 0.0) L = 65.00 staffe 2d8/8.00 (prog: OK (passo raffittito)) (sag.= 0.0) L = 65.00 staffe 2d8/8.00 (prog: OK (passo raffittito)) (sag.= 0.0) L = 65.00 staffe 2d8/8.00 (prog: OK (passo raffittito)) (sag.= 0.0) L = 65.00 staffe 2d8/8.00 (prog: OK (passo raffittito)) (sag.= 0.0) L = 65.00 staffe 2d8/8.00 (prog: OK (passo raffittito)) (sag.= 0.0) Stati limite di esercizio (verifica s.l.e.) Verifica S L edifici esistenti Stato D2 S LD :OK (non richiesta) Stato D2 S LM :OK (wrifica)	
Stato D2 SLC :OK (non richiesta) ⊖-Verifiche stato limite SLV SLV I (d) : 4.312e-02 in cmb: 45 (Ru,Lv,Cu) = 2.676e-02 140.39 1.211e-03 SLV J (d) : 4.306e-02 in cmb: 44 (Ru,Lv,Cu) = 2.665e-02 139.49 1.209e-03 SLV (f) : 0.16 in cmb: 43 (V,rol,roJ) = 5667.78 1.90 1.64	Genera esecutivi Sincronia report report

- Armatura longitudinale:
 - Af sup: area di armatura superiore, espressa in cm². Tra parentesi viene fornito un esempio di armatura in diametri che può garantire il quantitativo di armatura indicato in cm²
 - *Af inf*: area di armatura inferiore, espressa in cm². Tra parentesi viene fornito un esempio di armatura in diametri che può garantire il quantitativo di armatura indicato in cm²
 - Af tors: area di armatura necessaria per la torsione. Negli esecutivi quest'area sarà garantita dai ferri di parete
 - o Fattore ridistribuzione: fattore di ridistribuzione indicato dall'utente nei criteri di progetto
- Armatura trasversale:
 - L: lunghezza del tratto di staffatura, espressa in cm
 - staffe: numero di braccia, diametro e passo delle staffe. Tra parentesi sono indicati i ferri sagomati, espressi in cm²
- Verifica SL edifici esistenti:
 - Stato D2 SLD: riporta l'esito delle verifiche allo Stato Limite di Danno
 - o Stato D2 SLV: riporta l'esito delle verifiche allo Stato Limite di salvaguardia della Vita
 - Stato D2 SLC: riporta l'esito delle verifiche allo Stato Limite di Collasso
- Verifiche stato limite SLV:
 - SLV I (d): riporta il risultato delle verifiche duttili sull'estremo iniziale della trave, la combinazione più gravosa, il valore della rotazione ultima, la lunghezza della cerniera plastica e la curvatura ultima
 - SLV J (d): riporta il risultato delle verifiche duttili sull'estremo finale della trave, la combinazione più gravosa, il valore della rotazione ultima, la lunghezza della cerniera plastica e la curvatura ultima
 - *SLV (f)*: riporta il risultato delle verifiche fragili, la combinazione più gravosa, il taglio di progetto, rho nell'estremo iniziale della trave e rho nell'estremo finale della trave

Per il controllo delle verifiche dei pilastri sono disponibili i seguenti risultati:

Stato delle verifiche Gerarchia resistenze Carerce ante-operam	
Mostva S.L. post-operam S.L. edifici esistenti Inviluppo S.L.U.	 (q=1) Rapporto rho (acc.) (q=1) Verifica tragili (taglio acc.)
Diagramma Af Repporto AF Aree taglio-tors	(q=1) Verifica duttili (rot. corda SLV) (q=1) Verifica hagili (laglio SLV) Verifica nodi (SLV)
laola non verificati Sospendi	(q=1) Verifica duttili (rot, corda SLC) (q=1) Verifica fragili (taglio SLC) Verifica nodi (SLC)
	(q=1) Verifica duttili (rot. corda SLD)

Stato delle verifiche

Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante colorazione, nel seguente modo:

- colore giallo elementi non progettati
- colore ciano elementi progettati e verificati
- colore rosso elementi progettati e non verificati
- colore blu elementi progettati di altro materiale

Gerarchia delle resistenze

I risultati che si controllano con il menù gerarchia delle resistenze non hanno effetto sullo stato di progetto

- Momento res min: momento resistente minimo nei due estremi di ciascun pilastro
- Luce di taglio: luce utilizzata per il calcolo del taglio da gerarchia delle resistenze, espressa in cm
- Momento res max: momento resistente massimo nei due estremi di ciascun pilastro
- Taglio da mom. Res.: taglio da gerarchia ottenuto dai momenti resistenti del pilastro Carenze ante-operam

I risultati che si controllano con il menù Carenze ante-operam non hanno effetto sullo stato di progetto

• Carenza duttili SLV (%): riporta la carenza allo Stato Limite di salvaguardia della Vita, espressa in percentuale

- Carenza duttili SLD (%): riporta la carenza allo Stato Limite di salvaguardia della Vita, espressa in percentuale
- Carenza V: riporta la carenza a taglio, espressa in termini di daN di taglio che il pilastro non è in grado di portare
- Carenza Afw: riporta la carenza a taglio, espressa in termini di cm² di armatura mancanti per assorbire il taglio sollecitante
- *Carenza V nodo*: riporta la carenza a taglio del nodo, espressa in termini di daN di taglio che il nodo non è in grado di portare

Rinforzi post-operam

Il menù è disponibile solo se è attivo il comando *Mostra S.L. post-operam*. I risultati che si controllano con il menù *Rinforzi post-operam* non hanno effetto sullo stato di progetto

- *Rinforzo V*: riporta l'incremento di taglio dovuto al rinforzo applicato all'elemento strutturale, espresso in daN
- Confinamento fcc/fc: riporta il rapporto tra fcc del calcestruzzo confinato ed fc iniziale calcolato secondo il §3.1.9 dell'Eurocodice 2
- Confinamento eps: riporta il valore della deformazione ultima del calcestruzzo tenendo conto del confinamento
- *Rinforzo V nodo*: riporta l'incremento di taglio nel nodo dovuto al rinforzo applicato all'elemento strutturale, espresso in daN

Mostra S.L. post-operam

Solo per elementi rinforzati. Consente di controllare i risultati delle verifiche al post-operam

S.L. edifici esistenti (q = 1)

- *Rapporto rho (acc)*: controllo di accettazione. Rapporto tra momento flettente (domanda) e momento resistente (capacità) dell'elemento
- *Verifica fragili (taglio acc)*: controllo di accettazione. Rapporto tra taglio (domanda) e resistenza a taglio (capacità) dell'elemento
- *Verifica duttili (rot.corda SLV*): verifiche duttili allo SLV. Rapporto tra la rotazione alla corda e la rotazione ultima allo SLV. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- *Verifica fragili (taglio SLV)*: verifiche fragili allo SLV. Rapporto tra il taglio di progetto e la resistenza a taglio. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- Verifica nodi SLV: verifiche dei nodi allo SLV. In mappa viene riportato il risultato peggiore tra la verifica a trazione e quella a compressione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- *Verifica duttili (rot.corda SLC)*: verifiche duttili allo SLC. Rapporto tra la rotazione alla corda e la rotazione ultima allo SLC. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- *Verifica fragili (taglio SLC)*: verifiche fragili allo SLC. Rapporto tra il taglio di progetto e la resistenza a taglio. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- Verifica nodi SLC: verifiche dei nodi allo SLC. In mappa viene riportato il risultato peggiore tra la verifica a trazione e quella a compressione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1
- *Verifica duttili (rot.corda SLD)*: verifiche duttili allo SLD. Rapporto tra la rotazione alla corda e la rotazione ultima allo SLC. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 1

Inviluppo S.L.U.

Inviluppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni considerate per le verifiche agli S.L.U. Gli inviluppi tengono conto anche di quanto definito nei criteri di progetto

Diagramma Áf

Mappa delle armature longitudinali dei pilastri, espresse in cm². Questo risultato non influenza lo stato di progetto

Rapporto Af

Mappa del rapporto tra l'armatura longitudinale e l'area della sezione. La verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è compreso nei limiti definiti nei criteri di progetto.

Aree taglio-tors.

Area delle staffe, espressa in cm². Questo risultato non influenza lo stato di progetto *Isola non verificati*

Isola tutte le travi per cui le verifiche non sono soddisfatte

Sospendi

Chiude le mappe

Controllo puntuale dei risultati di un singolo elemento

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

Per i pilastri sono riportati i seguenti risultati:



- Armatura longitudinale:
 - *Af sup*: area di armatura superiore, espressa in cm². Tra parentesi viene fornito un esempio di armatura in diametri che può garantire il quantitativo di armatura indicato in cm²
 - *Af inf*: area di armatura inferiore, espressa in cm². Tra parentesi viene fornito un esempio di armatura in diametri che può garantire il quantitativo di armatura indicato in cm²
 - *Af tors*: area di armatura necessaria per la torsione. Negli esecutivi quest'area sarà garantita dai ferri di parete
 - o Fattore ridistribuzione: fattore di ridistribuzione indicato dall'utente nei criteri di progetto
- Armatura trasversale:
 - L: lunghezza del tratto di staffatura, espressa in cm
 - staffe: numero di braccia, diametro e passo delle staffe. Tra parentesi sono indicati i ferri sagomati, espressi in cm²
- Verifica SL edifici esistenti:
 - o Stato D2 SLD: riporta l'esito delle verifiche allo Stato Limite di Danno
 - o Stato D2 SLV: riporta l'esito delle verifiche allo Stato Limite di salvaguardia della Vita
 - Stato D2 SLC: riporta l'esito delle verifiche allo Stato Limite di Collasso
- Verifiche stato limite SLV:
 - SLV I (d): riporta il risultato delle verifiche duttili sull'estremo iniziale della trave, la combinazione più gravosa, il valore della rotazione ultima, la lunghezza della cerniera plastica e la curvatura ultima
 - SLV J (d): riporta il risultato delle verifiche duttili sull'estremo finale della trave, la combinazione più gravosa, il valore della rotazione ultima, la lunghezza della cerniera plastica e la curvatura ultima
 - *SLV (f)*: riporta il risultato delle verifiche fragili, la combinazione più gravosa, il taglio di progetto, rho nell'estremo iniziale della trave e rho nell'estremo finale della trave
 - SLV (n+): riporta il risultato della verifica a trazione del nodo, la combinazione più gravosa, il taglio sul pilastro sopra il nodo, il taglio dovuto all'armatura della trave e lo sforzo normale del pilastro sopra il nodo
SLV (n-): riporta il risultato della verifica a compressione del nodo, la combinazione più gravosa, il taglio sul pilastro sopra il nodo, il taglio dovuto all'armatura della trave e lo sforzo normale del pilastro sopra il nodo

Per quanto riguarda le verifiche bisogna puntualizzare che:

- in accordo con la circolare la resistenza degli elementi strutturali viene calcolata considerando i valori medi delle proprietà dei materiali divisi sia per il coefficiente parziale di sicurezza che per FC
- la norma indica se considerare per le verifiche il taglio derivante dall'analisi della struttura o quello da gerarchia a seconda dei risultati del controllo di accettazione. In particolare per gli elementi con rapporto rho (acc.) > 1 si usa il taglio da gerarchia, per quelli con rapporto rho (acc.) > 1 si usa il taglio dell'analisi
- poiché da normativa il taglio di progetto va considerato in base al risultato del controllo di accettazione l'utente non può scegliere se applicare o meno la gerarchia: per eseguire le verifiche con questo metodo, in PRO_SAP, nei criteri di progetto di travi e pilastri in c.a. la gerarchia delle resistenze deve rimanere attiva
- la cotangente di theta può assumere il valore massimo di 2.5 a meno che l'utente non specifichi un valore diverso nei criteri di progetto. In caso di torsione significativa sull'elemento strutturale viene posto automaticamente cot(theta) = 1. Se su una trave sono presenti ferri sagomati, cioè se nei criteri di progetto delle travi *percentuale sagomati* viene posta diversa da zero, viene posto automaticamente cot(theta) = 1
- per gli edifici esistenti è sempre obbligatorio eseguire la verifica dei nodi che però si esegue solo sui nodi non confinati (che sono individuati automaticamente dal programma). Sono richieste sia la verifica a compressione che quella a trazione del nodo.

3. Verifica con analisi statica non lineare (Pushover)

L'analisi statica non lineare consiste nell'applicare all'edificio i carichi gravitazionali e un sistema di forze orizzontali che, mantenendo invariati i rapporti relativi fra le forze stesse, venga scalato in modo da far crescere monotonamente lo spostamento orizzontale di un punto di controllo della struttura, fino al raggiungimento delle condizioni ultime.

Il metodo è descritto al §7.3.4.2 del D.M.2018 ed al §C7.3.4.2 della circolare 7/2019.

Per l'applicazione dell'analisi statica non lineare agli edifici esistenti in cemento armato la circolare fa ulteriori precisazioni al §C8.7.2.2.3

GENERAZIONE DEL MODELLO PER L'ANALISI NON LINEARE

La generazione del un modello di una struttura in c.a. per l'analisi non lineare non è diversa da quella di un modello lineare: per creare gli elementi strutturali si usano gli stessi comandi.

La peculiarità del modello non lineare è che prima di eseguire le analisi è necessario assegnare la proprietà di *Trave non lineare* agli elementi finiti che modellano parti della struttura in cui si ipotizza possano verificarsi delle plasticizzazioni.

Un elemento tipo *Trave non lineare* ha delle proprietà aggiuntive rispetto ad una trave lineare. Queste proprietà aggiuntive sono descritte nel seguito:



- Aggiornamento consentito: solo per elementi in c.a. Consente al programma di aggiornare automaticamente i parametri tramite l'importazione dei dati da un modello sorgente
- M3 negativo: momento ultimo negativo per flessione attorno all'asse locale 3
- M3 positivo: momento ultimo positivo per flessione attorno all'asse locale 3
- *M2*: momento ultimo per flessione attorno all'asse locale 2. Il valore viene utilizzato sia per il momento negativo che per il momento positivo
- *V2*: taglio ultimo in direzione parallela all'asse locale 2, **solo per elementi in muratura**
- V3: taglio ultimo in direzione parallela all'asse locale 3, solo per elementi in muratura
- Aggiornamento consentito: solo per elementi in muratura. Consente di calcolare automaticamente i parametri in base alle formule della normativa. Se si attiva questa opzione non è necessario assegnare i valori dei momenti e dei tagli ultimi (il valore rimarrà zero, automaticamente in fase di analisi il programma determinerà i valori di progetto)

È possibile individuare il tratto iniziale e quello finale in base all'orientamento dell'asse locale 1. Per visualizzare gli assi locali degli elementi d2 è necessario usare il comando *Preferenze* ► *Opzioni elementi* ed attivare l'opzione *Elementi d2 assi locali*.

La definizione dei momenti ultimi, cioè il momento corrispondente alla formazione della cerniera plastica può avvenire in due modi:

- da utente: l'utente manualmente indica i valori dei momenti plastici da considerare
- *automatica*: il programma calcola automaticamente i valori dei momenti plastici da considerare nell'analisi non lineare tramite un modello di calcolo lineare detto *Modello sorgente*



Se l'utente non indica le caratteristiche limite degli elementi strutturali o non le importa dal modello sorgente gli elementi non lineari risulteranno labili e quindi l'analisi non arriverà a convergenza. Per questo motivo, prima di eseguire l'analisi, si consiglia di controllare che, indipendentemente dal metodo utilizzato per la definizione, tutti gli elementi non lineari abbiano un valore dei momenti ultimi diverso da zero.

Definizione da utente delle caratteristiche limite delle sezioni

Nel caso l'utente decida di indicare manualmente le caratteristiche limite delle sezioni i parametri da definire sono i seguenti:

- *Travi*: per le travi si considera la rottura per flessione retta, perciò sono sufficienti i momenti M3 negativo ed M3 positivo
- *Pilastri*: per i pilastri è necessario assegnare i momenti in entrambe le direzioni, quindi l'utente deve indicare M3 negativo, M3 positivo ed M2

Modello sorgente

Anziché indicare manualmente i valori dei momenti ultimi è possibile farli calcolare automaticamente da PRO SAP.

Per il calcolo è necessario appoggiarsi ad un modello sorgente che si può creare partendo dal modello non lineare seguendo questa procedura:

- 8. usare il comando Salva con nome e salvare il modello con un altro nome
- 9. trasformare tutti gli elementi in elementi lineari
- 10. rimuovere i casi di carico sismici non lineari Esk (se l'utente lo ritiene opportuno può sostituire i casi di carico Esk non lineari con dei casi di carico lineari Esk o Edk, ma non è indispensabile considerare l'azione sismica ai fini dell'individuazione delle caratteristiche limite della sezione)
- 11. ridefinire le combinazioni di calcolo: per il calcolo dei momenti di plasticizzazione è necessario che sia definita almeno una combinazione in SLU
- 12. ridefinire i criteri di progetto: nel modello sorgente, in accordo con il §C8.7.2.2.3 della circolare 7/2019, i coefficienti parziali di sicurezza sul materiale devono essere posti pari ad 1. Il programma in automatico considera alfaCC = 1 per la determinazione delle caratteristiche limite

Il modello sorgente deve essere topologicamente identico al modello dove si esegue l'analisi non lineare: i due modelli devono avere lo stesso numero di nodi ed elementi

Le fasi dell'analisi sul modello sorgente sono le seguenti:

- 1. esecuzione delle analisi
- 2. controllo dei risultati delle analisi (in particolare spostamenti e sollecitazioni) per assicurarsi che non ci siano errori di modellazione
- 3. definizione delle armature degli elementi strutturali
- 4. uso del comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Verifica schemi* per leggere le armature e calcolare i momenti ultimi degli elementi strutturali

Una volta eseguita la verifica degli schemi di armatura si possono salvare i dati, chiudere il modello sorgente e tornare nel modello non lineare.

Nel modello non lineare per importare le caratteristiche limite dal modello sorgente, nel contesto di *Introduzione dati* si usa il comando *Modifica* \blacktriangleright *Non lineare* \triangleright *Importa capacità d2*



Viene importata la capacità solamente per gli elementi strutturali che hanno attiva la proprietà Aggiornamento consentito

DEFINIZIONE DEI CASI DI CARICO PER LE ANALISI NON LINEARI

La definizione dei casi di carico e l'applicazione dei carichi al loro interno va eseguita con gli stessi comandi previsti per un edificio nuovo. Per la descrizione dei comandi si faccia riferimento al capitolo 8 del manuale.

Per quello che riguarda i casi di carico relativi ai carichi statici è possibile utilizzare il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico: aiuti* per la definizione automatica.

Per quello che riguarda i casi di carico sismici è necessaria una breve premessa sulle prescrizioni della norma riguardo le analisi non lineari.

Per l'analisi è necessario introdurre almeno due distinte distribuzioni di forze orizzontali a scelta tra quelle definite dal §7.3.4.2 del D.M.2018. È necessario considerare una distribuzione del gruppo 1 ed una distribuzione del gruppo 2, si riporta uno stralcio del D.M.:

Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

 se il modo di vibrare iondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% si applica una delle due distribuzioni seguenti:

distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, utilizzando come seconda distribuzione la a) del Gruppo 2,

distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare nella direzione considerata;

 in tutti i casi può essere utilizzata la distribuzione corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, includendo nella direzione considerata un numero di modi con partecipazione di massa complessiva non inferiore allo 85%. L'utilizzo di questa distribuzione è obbligatorio se il periodo fondamentale della struttura è superiore a L3 T_c.

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

a) distribuzione di forze, desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;

b) distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura;

c) distribuzione multimodale, considerando almeno sei modi significativi.

In PRO_SAP sono disponibili le seguenti distribuzioni di forze:

Gruppo 1

- Distribuzione proporzionale alle forze statiche
- Distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare

Gruppo 2

• Distribuzione di forze desunta da un andamento uniforme di accelerazioni

Non è disponibile la definizione automatica dei casi di carico tipo Esk per l'analisi statica non lineare. Questi casi di carico vanno aggiunti manualmente dall'utente all'archivio dei casi di carico a cui è possibile accedere con il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico*.

All'interno dell'archivio dei casi di carico, **per ogni stato limite** che è necessario considerare, andranno aggiunti i seguenti casi di carico Esk:

- Angolo di ingresso 0 (direzione X), eccentricità accidentale positiva, non lineare distribuzione di forze come per statica lineare oppure proporzionale alla forma modale (Gruppo 1 distribuzione 1 oppure distribuzione 2)
- Angolo di ingresso 0 (direzione X), eccentricità accidentale negativa, non lineare distribuzione di forze come per statica lineare oppure proporzionale alla forma modale (Gruppo 1 distribuzione 1 oppure distribuzione 2)
- Angolo di ingresso 90 (direzione Y), eccentricità accidentale positiva, non lineare distribuzione di forze come per statica lineare oppure proporzionale alla forma modale (Gruppo 1 distribuzione 1 oppure distribuzione 2)
- Angolo di ingresso 90 (direzione Y), eccentricità accidentale negativa, non lineare distribuzione di forze come per statica lineare oppure proporzionale alla forma modale (Gruppo 1 distribuzione 1 oppure distribuzione 2)
- Angolo di ingresso 0 (direzione X), eccentricità accidentale positiva, non lineare distribuzione di forze proporzionale alle masse (Gruppo 2 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 0 (direzione X), eccentricità accidentale negativa, non lineare distribuzione di forze proporzionale alle masse (Gruppo 1 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 90 (direzione Y), eccentricità accidentale positiva, non lineare distribuzione di forze proporzionale alle masse (Gruppo 1 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 90 (direzione Y), eccentricità accidentale negativa, non lineare distribuzione di forze proporzionale alle masse (Gruppo 1 distribuzione 1)

CASI DI CARICO SISMICI PER LE ANALISI NON LINEARI

La procedura guidata per la definizione dei casi di carico sismici nei primi tre passi è identica a quella prevista per le analisi lineari. Per brevità quindi se ne omette la descrizione.

Al passo IV ed al passo V sono presenti comandi specifici per le analisi statiche non lineari che vengono commentati nel seguito:

Dati comuni per le analisi Quota spiccato (cm) 00 Contributo carichi in -	Dati per analisi Altezza edificio [cm] Fatt Lambda	570.0	re e non lineare Calous	pinud T1	S (oriz.)
fondazione '	[0.85 - 1]	dir. x-x	dir. y-y	đir. z-z	T
aggiuntiva X: 15 Y: 15	Periodo T1 Iorimo modol	0.277	0.277	0.277	
Spost relativo ,	Sd (T1) - SLU	0.226	0.226	0.204	
mite 1000/h 3 5	Se (T1) - SLD	0.249	0.249	0.044	Sv (vert
Dati per analsi dinamica	Rapp T1/TrZ	10.0	10.0	The second second	N
N. 12 N. modi 0 rigidi	Accelerazione	uniforme (Fi	=Fh]	suggerito:	
Fattore per calcolo	Usa spostamer	nvenzionale nti medi di pi	con momenti Ma ano per pushove	H SI	1 T

In questa finestra le opzioni che hanno effetto sull'analisi non lineare sono contenute nelle cornici Dati comuni per le analisi e Dati per analisi statica lineare e non lineare:

- *Quota spiccato*: definisce la quota al di sotto della quale sono trascurati i carichi applicati alle strutture ai fini della determinazione delle masse sismiche. È utile se il progettista intende considerare l'ipotesi che le parti di struttura interrate si muovano unitamente al terreno e quindi non generano masse sismiche orizzontali. Sono esclusi dal calcolo delle masse sismiche anche i carichi applicati alla quota definita. La quota spiccato va assegnata in cm a partire dal sistema di riferimento globale.
- Contributo carichi in fondazione: di norma gli elementi con assegnata la proprietà di fondazione ed i carichi ad essi applicati non contribuiscono al computo delle masse sismiche. Questa opzione permette di forzare il programma a considerare anche la massa ed i carichi applicati a questi elementi nel computo delle masse sismiche
- Eccentricità aggiuntiva: assegna il valore dell'eccentricità accidentale in direzione perpendicolare all'azione sismica definita in fase di introduzione dei casi di carico sismici. Per i valori da assegnare fare riferimento al §7.2.3 (se la distribuzione degli elementi non strutturali è fortemente irregolare in pianta assegnare il 10% di eccentricità) e §7.2.6 del D.M. 2018
- Spostamento relativo limite 1000/H: serve ad indicare lo spostamento limite indicato dalla norma (Fd, dc d). Se per un elemento strutturale lo spostamento supera questo valore la sua capacità viene azzerata e l'elemento si considera un'asta
- Usa spostamenti medi di piano per pushover: Nelle analisi di pushover viene considerata la media degli spostamenti dei nodi alla quota del nodo di controllo anziché lo spostamento del punto di controllo per la realizzazione della curva di capacità

D.C. sis	mica [9] CL	XC=Es (statico	SLU non lin.)	(prop. mass	e) alta=0.0 Nod	o cont. 67	(**)	S (oriz.)
vnalisi mo Ii riferime	dale Autor	natica			Stoglia Mod	to rifer, 10	(**)	
Sisma	LC 1	LC2	LC 3	LC4	LC 5 M	LC 6[*]	~	
LCU9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		T
LC U 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LCU 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LC U 12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		Sv:(vert
LC U 13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	A
LC U 14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	~	11
<						2	>	
(") ATOI	coefficienti	per carichi var	p iidei		(**) 0 per defai	at in pushover		
do Qk : u	tilizzare psi	2		2307 8) G	Definizione	masse automa	tica	T
ttic Qsk/C	ank : utilizza	re di regola 1	(psi 2 da archiv	io carico)		Theorem designing	0.00	

In questa finestra le opzioni che hanno effetto sull'analisi non lineare sono:

- Nodo cont.: permette di specificare quale nodo della struttura assumere come punto di controllo (una volta inserito il numero del nodo premere *Invio* sulla tastiera per confermare l'inserimento del dato).
 Se si lascia il valore zero il programma determinerà automaticamente quale nodo assumere come punto di controllo.
- Analisi modale di riferimento: consente di importare i risultati dell'analisi dinamica da un altro modello. Il comando sfoglia consente di cercare il modello da cui importare i dati. Nel caso non vengano importati i dati prima di procedere alle analisi il programma eseguirà automaticamente un'analisi modale per determinare i periodi dei modi di vibrare della struttura e le masse eccitate. Il comando può essere utile per modelli molto grandi in quanto non eseguire l'analisi dinamica prima del pushover comporta un risparmio di tempo
- *Modo riferimento*: se è stata considerata un'analisi modale di riferimento consente di selezionare il numero del modo di vibrare da considerare come modo di vibrare fondamentale della struttura

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CALCOLO

Per le analisi non lineari è possibile chiedere al programma la definizione automatica delle combinazioni di calcolo. I comandi da utilizzare sono gli stessi che si utilizzano per le analisi lineari. Per brevità se ne omette la descrizione e si rimanda al capitolo 8 del manuale.

Se si sfrutta la definizione automatica delle combinazioni per l'analisi non lineare le combinazioni di calcolo sono definite in accordo al §2.5.3 e §7.3.5 del D.M. 2018, tenendo conto delle precisazioni del §C7.3.5 della circolare 7/2019.

ESECUZIONE DELLE ANALISI

La procedura per eseguire le analisi non lineari su un edificio in cemento armato è la seguente:

- 1. Check dati di carico
- 2. Salvataggio dati per le analisi
- 3. Esecuzione analisi lineare
- 4. Calcolo delle curve
- 5. Verifiche fragili

In alternativa è possibile utilizzare il comando *Esecuzione analisi* che esegue automaticamente le prime tre fasi.



Check dati di carico

Con il comando check dati di carico viene eseguita un'analisi dinamica lineare che determina i periodi dei modi di vibrare della struttura e le relative masse eccitate per individuare il modo di vibrare principale.

Questa operazione ha effetto sulle analisi solo se è stata scelta una distribuzione delle forze proporzionale alla forma del modo di vibrare (Gruppo 1 distribuzione 2).

In questa fase viene anche individuato il punto di controllo nel caso l'utente non l'abbia specificato manualmente al passo V dei casi di carico sismici.

Al termine del check dei dati di carico il programma restituisce un report con i dati calcolati:



Sono disponibili le seguenti informazioni:

- CDC: il caso di carico di riferimento
- Massa risultante: la massa sismica per il caso di carico considerato
- Dati target: numero del nodo che viene assunto come punto di controllo
- Spostamento: traslazione del nodo assunto come punto di controllo
- *GammaF*: coefficiente di partecipazione Γ (formula C7.3.5 della circolare 7/2019)
- Massa * g: rapporto tra la massa dell'oscillatore equivalente e la massa della struttura reale
- Massa ** g: percentuale di massa partecipante dinamica (fattore di partecipazione del modo adottato nella direzione del sisma)

CALCOLO DELLA CURVA DI CAPACITÀ



Al termine delle analisi lineari si suggerisce di eseguire un esaustivo controllo dei risultati (in particolare deformate e sollecitazioni) per controllare l'assenza di errori di modellazione e verificare che il comportamento del modello di calcolo sia in linea con il comportamento che ci si aspetta dalla struttura reale. Solo dopo il controllo dei risultati si possono calcolare le curve.

Per il calcolo delle curve di capacità bisogna accedere alla finestra Analisi di pushover. Per accedere alla finestra bisogna usare il comando Dati di progetto ► Analisi pushover nel contesto di Visualizzazione risultati:

I Analisi di pushover \times F verifica PGA verifica [g] dc Danno dc Ultimo Fb max Combinazione Domanda dc verifica ۸ СМВ 1 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 **С**МВ 2 0.0 0.0 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 СМВ 3 $N \lor (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 СМВ 4 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 / СМВ 5 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 СМВ 6 0.0 0.0 0.0 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 NV(D > C)CMB 7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -FACMD 0 $\land \land$ $\land \land$ $\land \land$ $\land \land$ $\land \land$ < > Controllo curva capacità Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16 termine analisi per tipo SLU-V analisi non effettuata d PGA(d) F(d) 0.0 Salva modello con meccanismi 🔘 d [domanda o verifica] O d [spostamento ultimo] C setta d [imposta d per verifica] animazione risultati Fattori per l' analisi di pushover usa per muratura 🔽 usa Fbmax per DL 0.0001 modifica incremento automatica • convergenza: tolleranza Output curva 0.8 5.0000e-04 forza: riduzione limite forza: incremento iniziale 5.0 1.0000e-05 Applica spostamento: limite superiore forza: incremento limite 5.0000e-02 1.0000e-05 Esci rigidezza: limite inferiore azione: incrudimento

Prima di poter eseguire il calcolo delle curve è necessario impostare i parametri presenti nella cornice *Fattori* per l'analisi di pushover:

Fattori per l'analisi di pushove	r		
		usa per muratura 🔲 usa Fbmax per DL 🕅	Aggiorna curve
convergenza: tolleranza	0.0001	modifica incremento automatica 🔽	Output curva
forza: riduzione limite	0.85	forza: incremento iniziale 5.0000e-04	
spostamento: limite superiore	15.0	forza: incremento limite 1.0000e-05	Applica
rigidezza: limite inferiore	5.0000e-04	azione: incrudimento	Esci

I parametri presenti nella cornice sono i seguenti:

- *Convergenza: tolleranza*: tolleranza massima per la convergenza della soluzione (valore suggerito: 0.0001)
- forza: riduzione limite: valore limite della riduzione di forza nel tratto decrescente della curva di capacità; nel caso la curva nel tratto discendente assuma un valore pari a (Fmax * "riduzione limite") il programma interrompe l'analisi (valore suggerito: 0.8 per muratura e 0.85 per c.a.)

- *spostamento: limite superiore*: valore massimo dello spostamento, espresso in cm. Nel caso venga raggiunto il programma interrompe l'analisi (valore suggerito: 5 cm)
- *rigidezza: limite inferiore*: valore minimo di rigidezza (intesa come pendenza della curva di capacità) della struttura rispetto alla rigidezza iniziale; nel caso venga raggiunto il programma interrompe l'analisi (valore suggerito: 5.00e-2)
- *usa per muratura*: se l'opzione è attiva il programma utilizza una rigidezza elastica del sistema bilineare equivalente individuata tracciando la secante alla curva di capacità nel punto corrispondente a un taglio alla base pari a 0.6 volte il taglio massimo secondo quanto indicato al paragrafo C8.7.3.4.2 della circolare 7/2019 (metodo A). Si consiglia l'uso di questa opzione per l'analisi di strutture in muratura
- *usa Fbmax per DL*: se l'opzione è attiva il programma individua la capacità ultima in corrispondenza del massimo taglio alla base per combinazioni di tipo Stato limite di Danno per strutture in muratura
- *modifica incremento automatica*: se attiva il programma modifica automaticamente l'incremento di forza utilizzato nell'analisi di pushover
- *forza: incremento iniziale*: consente di indicare l'incremento iniziale di forza sismica (valore suggerito: 5.00e-4)
- *forza: incremento limite*: consente di specificare l'incremento minimo di forza sismica per cui il programma analizza la struttura; se non viene trovata la convergenza l'incremento di forza viene ridotto fino al valore limite inferiore (valore suggerito: 5.00e-5)
- *azione: incrudimento*: consente di specificare il fattore di incrudimento delle resistenze ultime (valore suggerito: 5.00e-5)



I parametri nella cornice *Fattori per l'analisi di pushover* sono stati preimpostati per garantire una rapida convergenza senza perdere qualità nel risultato delle analisi. In genere non è necessario modificare i parametri di default. L'unico parametro che l'utente deve obbligatoriamente specificare è forza: riduzione limite che va indicato in base alle indicazioni della norma.

Infatti la normativa definisce due metodi differenti per il calcolo dell'oscillatore elastoplastico equivalente: uno è più adatto per la muratura e l'altro per le altre tipologie strutturali.

Se l'opzione *usa per muratura* è attiva PRO_SAP individua la rigidezza dell'oscillatore elastoplastico equivalente tracciando la secante alla curva in corrispondenza ad un taglio alla base pari a 0.6 volte il taglio massimo alla base (metodo A §C7.3.4.2 circolare 7/2019); se l'opzione non è attiva PRO_SAP individua la rigidezza dell'oscillatore equivalente in base all'uguaglianza delle aree nel sistema equivalente (metodo B §C7.3.4.2 circolare 7/2019).



Una volta che sono stati definiti i parametri per le analisi non lineari per calcolare le curve bisogna utilizzare *Applica* per confermare i parametri inseriti, quindi *Aggiorna curve* per lanciare il calcolo delle curve di capacità e le verifiche.

Il calcolo delle curve richiede un tempo attesa variabile in base al numero di combinazioni pushover e di elementi D2 tipo trave non-lineare modellati.

Cenni di teoria e riferimenti normativi sull'analisi non lineare

L'analisi non lineare si sviluppa secondo i seguenti passi:

- in ciascun piano della struttura viene introdotta una distribuzione di forze orizzontali (in accordo ai casi di carico definiti dall'utente ed al §7.3.4.2 del D.M.2018)
- le forze orizzontali vengono incrementate con accrescimento lineare. Lo schema statico cambia a causa del raggiungimento dei valori ultimi di resistenza degli elementi strutturali man mano che le forze aumentano
- viene determinato un legame forza-spostamento generalizzato tra la risultante delle forze applicate ("taglio alla base" Fb) e lo spostamento dc di un "punto di controllo" identificato durante il check dati di carico. In base a quanto indicato dall'utente al passo IV dei casi di carico sismici anziché lo spostamento del punto di controllo si potrebbe determinare il legame forza-spostamento in base alla media degli spostamenti di tutti i nodi che si trovano alla stessa quota del punto di controllo. (questa curva viene rappresentata in rosso nella finestra Analisi di pushover)
- viene individuato un oscillatore ad un grado di libertà a comportamento bi-lineare equivalente. Questo sistema viene ottenuto in accordo con il secondo quanto riportato al punto C7.3.4.2 della circolare 7/2019. Si calcola il legame F*-d* tra il taglio alla base ed il relativo spostamento del sistema equivalente dividendo i valori della struttura reale per il coefficiente di partecipazione Γ, formula C7.3.5 circolare 7/2019. (la curva caratteristica dell'oscillatore equivalente viene rappresentata in verde nella finestra Analisi di pushover)

- la curva forza F*-spostamento d* del sistema equivalente viene approssimata con una bilineare (riportata in nero nella finestra *Analisi di pushover*). La bilineare può essere calcolata in diversi modi:
 - se è attiva l'opzione Usa per muratura la bilineare è definita tracciando la secante alla curva di capacità nel punto corrispondente a un taglio alla base pari a 0.6 volte il taglio massimo (metodo A §C7.3.4.2 circolare 7/2019)
 - se l'opzione *usa per muratura* non è attiva la bilineare viene individuata in base all'equivalenza delle aree (metodo B §C7.3.4.2 circolare 7/2019).
- si individuano sulla bilineare:
 - Le coordinate del punto di snervamento *Fy** e *dy**
 - La rigidezza K*
 - Il periodo *T** (formula C7.3.6 circolare 7/2019)
- sulla bilineare viene determinata la risposta massima in termini di spostamento d*max (formula C7.3.8 oppure C7.3.9 della circolare 7/2019) del sistema equivalente utilizzando lo spettro di risposta elastico in accordo con il §C7.3.4.2 della circolare 7/2019
- lo spostamento del sistema equivalente viene convertito nella configurazione deformata effettiva della struttura reale. Lo spostamento effettivo *d domanda* del punto di controllo risulta pari a *Γ*·*d*max*
- viene eseguita la verifica controllando che la domanda in termini di spostamento sia inferiore alla capacità della struttura

CONTROLLO DEI RISULTATI DELLE ANALISI NON LINEARI

Al termine del calcolo sono disponibili le curve ed i dettagli riguardanti l'analisi:



Nella finestra grafica sono riportati:

- Curva rossa: curva forza-spostamento della struttura reale
- Curva verde: curva forza-spostamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Curva nera: curva bilineare dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Pallino azzurro: punto di funzionamento individuato sulla bilineare
- Quadrato viola: punto di funzionamento individuato sulla curva della struttura reale
- Linea verticale azzurra: indica il punto della curva a cui si riferiscono i risultati rappresentati nella cornice Controllo curva di capacità e nella finestra grafica di PRO_SAP

Sono disponibili i seguenti risultati delle analisi:

- Combinazione: combinazione di riferimento
- Domanda: risultato della verifica
- dc verifica: spostamento del punto di controllo in corrispondenza del punto di funzionamento (o performance point). Viene ottenuto come prodotto di d*max per Gamma. Nel caso la domanda sia maggiore della capacità convenzionalmente viene riportato il valore relativo all'ultimo punto della curva (quindi nel caso la verifica non sia soddisfatta si avrà dc verifica = dc Ultimo)
- *F verifica*: taglio alla base corrispondente allo spostamento *d verifica*. Nel caso la domanda sia maggiore della capacità convenzionalmente viene riportato il valore relativo all'ultimo punto della curva (quindi nel caso la verifica non sia soddisfatta si avrà F verifica = Fb max)

- *PGA verifica [g]*: accelerazione di verifica dell'edificio in corrispondenza dello spostamento di verifica (corrisponde alla PGA della zona sismica su suolo elastico). Se la verifica non è soddisfatta viene riportata l'accelerazione corrispondente allo spostamento ultimo della struttura
- dc Danno: spostamento al superamento dello spostamento di interpiano limite assegnato al passo IV dei casi di carico sismici. Per gli edifici in muratura se non viene superato lo spostamento limite viene riportato quello in corrispondenza di Fmax. Attenzione: il programma individua la tipologia di edificio in base all'opzione usa per muratura
- dc Ultimo: spostamento del punto di controllo in corrispondenza alla capacità ultima
- Fb max: massimo taglio alla base della struttura
- *Fbmax/Fb1*: rapporto tra il moltiplicatore della forza orizzontale che fornisce il massimo taglio alla base della struttura ed il moltiplicatore per cui si ottiene la plasticizzazione del primo elemento strutturale (alfaU/alfa1 del D.M.2018)
- Gamma: coefficiente di partecipazione Γ (formula C7.3.5 della circolare 7/2019)
- Fy*: forza al limite elastico dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- dy*: spostamento limite elastico dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- M* x g: massa dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- *K**: rigidezza dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà; rappresenta la pendenza del primo tratto della bilineare
- *T**: periodo dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà (formula C7.3.6 circolare 7/2019)
- Se(T*) (g): ordinata dello spettro corrispondente al periodo T*
- q*: rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- *d*max*: risposta in spostamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà

Cornice Controllo curva capacità

Comb. SLI	J A1 (SLV sisr	n.) 8			
tipo ISLU-V	tipo termine analisi per				
d	PGA(d)	F(d)			
3.5335	0.1368	40050.121			
Salva	modello con m	ieccanismi			
Modific	a accelerazio	ne < ag >			
💿 d [don	nanda o verifio	a]			
O d[spo	stamento ultin	no]			
🔘 setta d	[imposta d p	er verifica]			
O animaz	tione risultati				
<u>`</u>		· · ·			

In questa cornisce sono riportati i seguenti dati:

- *Comb.*: combinazione di riferimento
- Tipo: tipologia di combinazione (V = salvaguardia della vita, D = danno, C = collasso)
- Termine analisi per: motivo per cui le analisi sono terminate, i motivi possono essere i seguenti:
 - Analisi non effettuata: non sono ancora state calcolate le curve
 - o Labilità: l'analisi è terminata perché la struttura è stata portata al collasso
 - Labilità in tratto softening: l'analisi è terminata perché la struttura è stata portata al collasso nel tratto decrescente della curva di capacità
 - Sup. spostamento lim.sup.: l'analisi è terminata perché lo spostamento del punto di controllo ha superato il valore indicato in spostamento: limite superiore
 - Sup. rigidezza lim. inf. l'analisi è terminata perché a causa delle plasticizzazioni degli elementi strutturali la rigidezza della struttura è diventata più piccola del valore definito in Rigidezza limite inferiore
 - Sup. max forza sismica: l'analisi è terminata perché il comportamento della struttura è indefinitamente lineare (per quanto si aumenti la forza orizzontale non avvengono plasticizzazioni o superamenti dello spostamento limite negli elementi strutturali)

- Sup. forza riduzione limite: l'analisi è terminata perché è stato raggiunto il valore della forza orizzontale specificato in *Forza: incremento limite*
- *d*: spostamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà in corrispondenza del punto della curva in esame
- PGA (d): accelerazione in corrispondenza del punto della curva in esame
- F(d): forza applicata alla struttura in corrispondenza del punto della curva in esame
- Salva modello con meccanismi: consente di salvare una copia del modello di calcolo dove gli elementi non lineari sono sostituiti da elementi lineari e vengono introdotti degli svincoli in corrispondenza delle sezioni dove si sono aperte le cerniere plastiche
- *Modifica accelerazione < ag >*: consente di fissare il valore della domanda. Questo comando è attivo solo se è selezionata l'opzione *Setta d*. Per la domanda il programma di default assume il valore proposto dalla normativa per la località indicata nella *Pericolosità sismica*
- *d [domanda o verifica]*: posiziona il cursore in corrispondenza del punto in cui vengono eseguite le verifiche (punto di funzionamento)
- *d* [spostamento ultimo]: posiziona il cursore in corrispondenza dell'ultimo punto della curva
- *setta d*: consente il controllo passo-passo dei risultati attivando il cursore che consente di scorrere tra i vari punti della curva di capacità. Inoltre attiva il comando *Modifica accelerazione* che consente di definire la domanda
- Animazione: scorre automaticamente tutti i punti della curva di capacità

CONTROLLO PASSO-PASSO DEI RISULTATI DELL'ANALISI NON LINEARE

Nel contesto di *Visualizzazione risultati* è possibile controllare passo-passo tutti i risultati dall'analisi relativi agli elementi D2 con i seguenti comandi:

- 1. Aprire la finestra Analisi di pushover con il comando Dati di progetto > Analisi pushover
- 2. Utilizzare il comando Vedi combinazione e selezionare una combinazione sismica
- 3. Attivare la mappa del risultato di interesse (spostamenti nodali, sollecitazioni, reazioni vincolari, deformata, ecc...)
- 4. All'interno della finestra Analisi di pushover utilizzare il comando setta d e cercare con il cursore il punto della curva di interesse. La mappa che è visualizzata si aggiornerà automaticamente mostrando i valori calcolati in corrispondenza del punto della curva indicato. In alternativa si possono anche usare i comandi per la selezione dei punti notevoli della curva d domanda e d spostamento ultimo per controllare rispettivamente i risultati in corrispondenza del performance point e quelli in corrispondenza dell'ultimo punto della curva



Il controllo passo-passo dei risultati dell'analisi è attivo solo se la finestra Analisi di pushover è aperta.

Durante il controllo passo-passo dei risultati dell'analisi è possibile passare da una combinazione di calcolo all'altra anche cliccando sul numero della combinazione nella prima colonna della finestra *Analisi di pushover*.



Il controllo passo-passo dei risultati consente anche di seguire l'evoluzione dei danneggiamenti degli elementi con i comandi *Azioni d2* ► *Avanzate* ► *Rotaz. Plastica 2-2* e *Rotaz. Plastica 3-3*:



I due comandi mostrano rispettivamente la rotazione plastica attorno all'asse locale 2 dell'elemento ed all'asse locale 3 dell'elemento:



In tutte le sezioni degli elementi strutturali dove si ha un valore della rotazione plastica diverso da zero significa che è avvenuta la plasticizzazione (il momento sollecitante ha superato il momento limite)

IL REPORT DELL'ANALISI NON LINEARE

Durante le analisi non lineari il programma scrive automaticamente un report con le informazioni riguardanti le curve.

Questi dati sono automaticamente copiati all'interno della finestra Analisi di pushover.

Una volta terminato il calcolo delle curve è possibile riaprire il report utilizzando il comando *Output curva* che consente anche di esportare l'immagine delle curve in formato jpeg.

I dati presenti nel report sono i seguenti:



- Combinazione di riferimento
- Motivo per cui è terminata l'analisi
- Rapporto Fbu/Fbm1: rapporto tra il moltiplicatore della forza orizzontale che fornisce il massimo taglio alla base della struttura ed il moltiplicatore per cui si ottiene la plasticizzazione del primo elemento strutturale (alfaU/alfa1 del D.M.2018)
- E*: area sottesa dalla curva dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Spostamento d*: spostamento dell'oscillatore equivalente nel punto corrispondente allo 0.7 della forza massima
- *Rigidezza K**: rigidezza dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà; rappresenta la pendenza del primo tratto della bilineare
- Spostamento dy*: spostamento al limite elastico dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Taglio Fy*: forza al limite elastico dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Massa m*: massa dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- *Periodo T**: periodo dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà (formula C7.3.6 circolare 7/2019)
- Accelerazione Se(T*): ordinata dello spettro corrispondente al periodo T*
- Spostamento d*e max: risposta in spostamento del sistema equivalente al limite elastico
- *Fattore q**: rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Spostamento d*max: risposta in spostamento del sistema equivalente
- *Taglio F**: forza al limite elastico del sistema equivalente
- Spostamento domanda: domanda in termini di spostamento
- Spostamento dc Danno: spostamento al superamento dello spostamento di interpiano limite assegnato al passo IV dei casi di carico sismici. Per gli edifici in muratura se non viene superato lo spostamento limite viene riportato quello in corrispondenza di Fmax.
- Spostamento dc Fb max: spostamento della struttura reale in corrispondenza al massimo taglio alla base

- Spostamento dc Ultimo: spostamento della struttura reale in corrispondenza alla capacità ultima
- Taglio Fb Danno: forza in corrispondenza dello spostamento dc Danno
- Taglio Fb max: forza in corrispondenza al massimo taglio alla base
- Taglio Fb Ultimo: forza in corrispondenza all'ultimo punto della curva di capacità
- *PGA dc Danno*: accelerazione in corrispondenza dello spostamento dc Danno
- PGA dc Ultimo: accelerazione in corrispondenza dello spostamento ultimo (o di collasso)
- Indicatore di rischio alfae: rapporto tra l'accelerazione di progetto e quella di verifica allo SLD (solo per strutture in muratura)
- *Indicatore di rischio alfau*: rapporto tra l'accelerazione di progetto e quella di verifica allo SLV (o SLC) (solo per strutture in muratura)

ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DEGLI EDIFICI IN CEMENTO ARMATO CON ANALISI NON LINEARE

Per eseguire le verifiche di una struttura in cemento armato con l'analisi non lineare è necessario:

- 1. Calcolare le curve
- 2. Se le verifiche sono soddisfatte, cioè se per ogni combinazione di calcolo considerata la domanda è minore della capacità, andare nel contesto di *Assegnazione dati di progetto* per eseguire le verifiche fragili con questa procedura:
 - a. usare *modifica* ► *importa armature* per importare le armature dal modello del progetto simulato
 - b. usare *contesto* ► *esecuzione progettazione* ► *verifica edificio esistente* per eseguire le verifiche
 - c. controllare solo i risultati delle verifiche fragili (verifiche a taglio di travi e pilastri e verifica dei nodi)

Automaticamente il programma esegue le verifiche fragili considerando la stessa domanda utilizzata per le verifiche duttili.

Cosa fare se la domanda è superiore alla capacità?

Se in alcune combinazioni di calcolo la domanda è superiore alla capacità per trovare l'accelerazione per cui la struttura risulta verificata è necessario utilizzare il comando *Setta d* e successivamente *Modifica accelerazione* per calare la domanda.

È necessario calare la domanda fino a quando non si ottiene che la domanda è inferiore alla capacità per tutte le combinazioni di calcolo considerate.

Una volta fatto questo è possibile procedere con le verifiche fragili. Automaticamente PRO_SAP esegue le verifiche fragili per la stessa domanda con cui sono state eseguite le verifiche duttili (quella impostata dall'utente con il comando *Modifica accelerazione*)

Cosa fare se le verifiche fragili non sono soddisfatte?

Se le verifiche fragili non sono soddisfatte è necessario tornare nel contesto di *Visualizzazione risultati* nella finestra *Analisi di pushover* e calare la domanda utilizzando il comando *Setta d* e successivamente *Modifica accelerazione*.

Una volta calata la domanda si deve tornare nel contesto di *Assegnazione dati di progetto* e si devono eseguire nuovamente le verifiche fragili.

È necessario calare la domanda fino a quando non si ottiene che la domanda è inferiore alla capacità per tutte le combinazioni di calcolo considerate e contemporaneamente tutte le verifiche fragili sono soddisfatte.

NOTA SULLE ANALISI DI PUSHOVER

L'analisi statica non lineare è piuttosto delicata e richiede che il modello di calcolo sia definito correttamente. Per valutare se il modello di calcolo è corretto, prima di eseguire un'analisi di pushover, consigliamo di eseguire i seguenti passi:

- Eseguire le analisi del modello con i soli carichi verticali e controllare i risultati dell'analisi (spostamenti, rotazioni e deformate, eventuali messaggi di avviso/errore dati dal programma). In questa fase non devono essere presenti elementi finiti tipo trave non lineare
- 2. Assegnare agli elementi che modellano parti della struttura che si ritiene possano plasticizzare la proprietà di trave non lineare
- 3. Creare i casi di carico di tipo Esk per l'analisi di pushover
- 4. Definire una sola combinazione di calcolo con il sisma

- 5. Lanciare le analisi lineari e controllare i risultati (spostamenti, rotazioni e deformate, eventuali messaggi di avviso/errore dati dal programma)
- 6. Provare a calcolare le curve nell'unica combinazione di calcolo definita
- 7. Se tutte le fasi precedenti sono andate a buon fine e non sono stati rilevati errori di modellazione definire tutte le combinazioni previste dalla normativa e procedere con l'analisi di pushover

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in c.a.

Per riportare in relazione di calcolo i risultati delle verifiche degli edifici esistenti in c.a. è necessario utilizzare le seguenti opzioni:

1. *Verifica con l'impiego del fattore di struttura q*: è necessario stampare gli stessi capitoli necessari per gli edifici nuovi in c.a.

Seneraltà			
Via #3 Word 💌	Fidazione mitakano •	n righo tabulla luffe: •	
P Ratia: ethoduttiva	General annuages	n sebeni tsuitati 2 💌	
P Vietaslesea P Mestaslesea	Seledone invrogni	n seponipegetto 2 💌	
bekin myrweit F Mathem F Senter F Noti F Ben D2 F Ben D3 F Ben Steller F Salegeen, F projekto F Calcol F Calcol	Houlid analys F Samuel F Fondamon F Specters F Reactors F Ben 12 F Ben Di Ben Siddo F Sett ym Ag 0 F Gusseren Av 0	toposlazovernutal Visa tino Settentino Stampo per continazioni Mantala	
Pogeni Do	Esercent Tesnaho di ristores	Verliche e mational diversi-	
Progetts DS is parelt	Progetto acceano I Progetto D2 I	Vetice routure Vetice routure Vetice routure Vetice a solution (*)	

2. Verifica con lo spettro elastico (q=1): è necessario selezionare il capitolo Verifiche c.a. esistente q = 1

Usia HS Ward 🔹	Relazone en Katerio 💌	hindre boellaitufle 🔍 💌
Relaz. Introduttika	General minages	h sværmellen 2 💌
 Vianaviani Michaldeora 	Sillozione avrogiN	n seboni progotto 2 🔹
Del ningressu F Matures (F Canon	Reutat analoj (P. Genece) (P. Tradanov)	Inportazioni nostat
✓ Nodi ✓ Elem 02 F Elem 00 □ Bren Salid;	Sporten P Reason Som D2 Bon D2 Step State	F Usamo Betalto Sterpspercontinazori
F Solapion IF projeto F Calch F Del diCento F Continazion	17 Setti on Ar 10 17 Gad on Ar 10	449(396
Rogetto ca	Estant	- Verflore is notoral divers-
Progetto D2	Torache stimitoras	C independence
And the second s	Progetto accesio	Vetiche nursius
	C Dopath DD	Vertichensed all one

3. Verifica con analisi statica non lineare: bisogna selezionare il capitolo della sismica per riportare in relazione di calcolo i dati relativi alle curve di capacità. Inoltre è necessario selezionare il capitolo Verifiche c.a. esistente q = 1 per riportare in relazione i dati relativi alle verifiche fragili

Serveralize		
Usa H5 Word 👻	Rolasione in dallanti 💌	n tighe topolatuite
F Halac nitrotultiva	Gonera menageti	n setenmutet 2
 Visitabuatan Muchta Musura 	Selections evenages	n satisti proprinci _
John Ingesse P. Modi P. Modi P. Hon DJ P. Sean 126 Dow Sold; P. Solepana, P. pogeto P. Solepana, P. pogeto P. Solepana P. Solep	Gunca F Fundation R Spinfan P Resource P Bins D2 P	Importatione related V Use Net A State State Stempleper conditionation Avgraphic
Progetto c.a. In Progetto D2	Existent Tearriste di méaraz	Verifiate e national diversi Tri Verificite legno
Projetto CD a puest	Pogeto acceso Pogeto D2 Pogeto D2	Verliche resist Si lace Verliche resist Si lace Verlicite versist se

Tabella riassuntiva delle verifiche per gli edifici in cemento armato

	Modello lineare co	en fattore q (=1.5–3)	Modello lineare cr (q=1) acc	on spettro elastico settazione	Modello lineare con VERIFICHE se il Mod	spettro elastico (q=1) ello Lineare è accettato.	Modello non linear	e (pushover)
	Domanda	Capacità	Domanda	Capacità	Domanda	Capacità	Domanda	Capacità
duttili	Momento e sforzo normale che derivano dall'analisi. Valori medi assegnati nella tabella dei materiali.	Resistenza (verifica N/M). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali divisi per FC e gammaM	Momento e sforzo normale che derivano dall'analisi. Valori medi assegnati nella tabella dei materiali.	Resistenza (rapporto rho acc.). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali NO FC NO gammaM	Rotazione rispetto alla corda che deriva dall'analisi. Valori medi assegnati nella tabella dei materiali. Per i materiali aggiunti valori caratteristici	Deformazione. Verifica dutili (rdt corda). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali divisi per FC, NO gammaM. Per i materiali aggiunti valori caratteristici Camicie discontinue calcolate come confinate/camicie continue confinamento utente.	Rotazione rispetto alla corda che deriva dall'analisi con i valori medi. Per la determinazione dei momenti plastici vengono usati i valori medi (NO FC NO gammaM)	Deformazione. Verifica duttili (rot corda). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali divisi per FC, NO gammaM
fragili	Taglio che deriva dalla gerarchia delle resistenze. Assegnare luce di taglio per GR = 0 nel criterio di progetto per avere il taglio dell'analisi. Valori medi assegnati nella tabella dei materiali.	Resistenza (verifica nodi, verifica V/T lato cls e lato acciaio). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali divisi per FC e gammaM	Taglio che deriva dall'analisi. Valori medi assegnati nella tabella dei materiali.	Resistenza (verifica fragili taglio acc). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali divisi per FC NO FC NO gammaM	Taglio che deriva dall'analisi (se rhoi<1). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali. Taglio che deriva dall'equilibrio con la resistenza degli elementi duttili (se rhoi>1). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali moltiplicati per FC. Per i materiali aggiunti valori caratteristici <u>Assegnare luce di taglio per</u> GR≠0 nel criterio di progetto	Resistenza (verifica fragili taglio e verifica nodi). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali divisi per FC e gammaM. Per i materiali aggiunti valori caratteristici/gammaM	Taglio che deriva dall'analisi. Valori medi assegnati nella tabella dei materiali. NO FC NO gammaM	Resistenza (verifica fragili taglio e verifica nodi). Valori medi assegnati nella tabella dei materiali divisi per FC e gammaM

Per la DOMANDA gammaM non entra mai in gioco, FC solo in 1 caso: quello in cui si valuta la domanda di Taglio per metodo q=1 con rhoi > 1. Per la CAPACITA' quando si valutano le deformazioni entra in gioco solo FC, quando si valutano le resistenze FC*gammaM.

Per le verifiche a taglio si considera il taglio resistente definito al capitolo 4, utilizzando il valore minimo tra Vrcd e Vrsd.

Note: Nella tabella dei materiali è necessario inserire i valori medi (ad esempio Rcm), il valore di gammaM è personalizzabile nei criteri di progetto del C.A., il valore di FC si assegna al passo 1 della definizione delle masse sismiche o nei criteri di progetto.

Interventi di rinforzo per edifici esistenti in cemento armato

PRO_SAP consente di applicare i seguenti interventi di rinforzo agli elementi esistenti in cemento armato:

- Incamiciatura in cemento armato
- Beton plaquè
- Incamiciatura in acciaio
- Metodo CAM
- Fibrorinforzi

Non è possibile tenere conto degli interventi di rinforzo nelle analisi non lineari

Individuazione carenze ante-operam

Se è stato scelto uno dei metodi di analisi lineari (fattore di comportamento q o spettro elastico), dopo aver eseguito la verifica dell'edificio esistente PRO_SAP mette a disposizione i seguenti comandi per valutare le carenze di travi e pilastri allo stato di fatto:



Le immagini sopra si riferiscono alle verifiche con il metodo del fattore di comportamento q, quelle sotto alle verifiche con il metodo dello spettro elastico.

Per le verifiche con il metodo del fattore di comportamento q nel menù *Carenze ante-operam* sono disponibili i seguenti risultati:

- *Carenza N/M*: percentuale di non verifica a pressoflessione (per esempio se il risultato della verifica a pressoflessione è 1.30, la carenza N/M sarà il 30%)
- *Carenza Af*: solo per le travi. Riporta la carenza espressa in termini di area di armatura mancante (se venisse aggiunta quest'area di armatura le verifiche a flessione tornerebbero)
- *Carenza V*: riporta la carenza a taglio, espressa in termini di daN di taglio che l'elemento non è in grado di portare

- Carenza Afw: riporta la carenza a taglio, espressa in termini di cm² di armatura mancanti per assorbire il taglio sollecitante
- *Carenza V nodo*: riporta la carenza a taglio del nodo, espressa in termini di daN di taglio che il nodo non è in grado di portare

Per le verifiche con il metodo dello spettro elastico nel menù *Carenze ante-operam* sono disponibili i seguenti risultati:

- Carenza duttili SLV (%): percentuale di non verifica dei duttili allo SLV (per esempio se il risultato della verifica di rotazione alla corda è 1.30, la carenza duttili sarà il 30%)
- Carenza duttili SLD (%):percentuale di non verifica dei duttili allo SLD (per esempio se il risultato della verifica di rotazione alla corda è 1.30, la carenza duttili sarà il 30%)
- *Carenza V*: riporta la carenza a taglio, espressa in termini di daN di taglio che la trave non è in grado di portare
- Carenza Afw: riporta la carenza a taglio, espressa in termini di cm² di armatura mancanti per assorbire il taglio sollecitante
- *Carenza V nodo*: riporta la carenza a taglio del nodo, espressa in termini di daN di taglio che il nodo non è in grado di portare

Le informazioni fornite da queste mappe sono utili per la progettazione degli interventi di rinforzo.

Incamiciatura in cemento armato

RICHIAMI DI NORMATIVA

Il riferimento normativo per gli interventi di incamiciatura in cemento armato è il §C8.7.4.2.1 della circolare 7/2019:

C8.7.4.2.1 Incamiciatura in c.a.

A pilastri o pareti possono essere applicate camicie di c.a. per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della capacità portante verticale;
- aumento della resistenza a flessione e/o taglio;
- aumento della capacità in termini di deformazione;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.

Data la complessità dell'interazione tra parte nuova e parte esistente la circolare 7/2019 fa alcune ipotesi semplificative per l'esecuzione delle verifiche, tutte recepite da PRO_SAP:

Al fini della valutazione della resistenza e della deformabilità di elementi incamiciati sono accettabili le seguenti ipotesi semplificative:

- l'elemento incamiciato si comporta monoliticamente, con piena aderenza tra il calcestruzzo vecchio e il nuovo;
- il carico assiale si considera applicato alla sola porzione preesistente dell'elemento per i soli carichi permanenti, all'intera sezione incarniciata per i carichi variabili e per le azioni sismiche;
- le proprietà meccaniche del calcestruzzo della camicia si considerano estese all'intera sezione se le differenze fra i due materiali non sono eccessive.

In base a queste ipotesi semplificative della normativa PRO_SAP suppone che si consideri un solo materiale per il pilastro o la trave incamiciata.

La nuova circolare ha rimosso alcune prescrizioni riguardo la progettazione dell'intervento per l'incremento della ressitenza a flessione presenti sulla circolare 617/2009:

Nel caso che la camicia non avvolga completamente l'elemento, è necessario mettere a nudo le armature nelle facce non incamiciate, e collegare a queste ultime le armature delle facce incamiciate.

Se le camicie servono ad aumentare la resistenza flessionale, le barre longitudinali devono attraversare il solaio in apposite forature continue e essere ancorate con adeguata staffatura alle estremità del pilastro inferiore e superiore.

Se le camicie servono solo per aumentare la resistenza a taglio e la deformabilità, o anche a

migliorare l'efficienza delle giunzioni, esse devono fermarsi a circa 10mm dal solaio.

Nel caso si voglia considerare che l'intervento aumenti la resistenza a flessione PRO_SAP chiede all'utente di indicare che le armature sono ancorate come previsto dalla circolare 617/2009.



Questi interventi vanno a modificare la rigidezza degli elementi strutturali. Di conseguenza non è possibile studiare l'ante operam ed il post operam sullo stesso modello di calcolo perché tra le due fasi cambiano le sollecitazioni sugli elementi strutturali.

DEFINIZIONE DEL RINFORZO ED ASSEGNAZIONE AGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per realizzare un intervento di incamiciatura in c.a. in PRO_SAP la prima cosa da fare è definire la sezione finale dell'elemento incamiciato nell'archivio delle sezioni.

Questa sezione andrà poi assegnata all'elemento strutturale da rinforzare:



and the second se		
NOTE ALL AND A		
ACT IN THE ACT OF		
Estate State		
Demander April	1 100	
Scient	(d) transminute Retaingularer in VD Fu-Sil-	1.0
Rotations	10we105	
Multeriale	[1] Caluesknosen Classer C26/18	
Collection of principalities	TTUCATENO O annual los CMCR	
Interventi alvinioeni		
Condizioni ambandali	Ordinate 35	
File Rooser generica	eleverito incesa	
File Roto - sectore	alamanto incosa	

Una volta definita la sezione finale dell'elemento incarrintervento di rinforzo spuntando l'apposita opzione:

ncamiciato	è	necessario	indicare	che	si	tratta	di	un	
ncamiciato	é	necessario	Indicare	che	SI	tratta	dı	un	

🗉 Generalità	
Elemento tipo	/ Trave
Sezione	[0] Rett h=50.00 h=50.00
Rotagione	0.0 [gradi]
Materiale	(1) C22/26 esistente
Criterio di progetto	[1] Criterio standard
🗹 Interventi di rinforzo	-
Tecnica di rinformo	progetta
Conditions ambientals	Ordinaria XD
Filo fisso	elemento in asse
Layer	Layar Ø
🗋 tha tratti ngidi	15 840 C
E Travi TTRC	

Una volta fatto questo bisogna cliccare sul comando *progetta* per aprire la finestra *Tecnica di rinforzo* per impostare le caratteristiche del rinforzo:

Tecnica di rinforzo eleme	nto trava	K
Circolare 617/2009 cap. C8A.	7	Circolare 617/2009 cap. C8A.7
Incamiciatura in c.a. C8A.	7.1 (*)	C Beton plaque Tensione fyk 235.0 [N/mm2]
Sezione ante-operam	[3] Rettangolare: b=30.00 h =40.00	Disposizione: Tratti interessati [cm]:
Sezione post-operam	[5] Rettangolare: b=30 h=50	Spessore 6.0 0.0 0.0 0.0
		Af sun [cm2] 18.0 0.0 0.0 0.0
C8A.7.2 (*)	Non previsto	Af inf [cm2] 18.0 0.0 0.0 0.0
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	
(*) Le armature/profili long resistenza flessionale	jitudinali sono ancorati e contribuiscono alla	Tutti gli interventi prevedono zone di applicazione (tratti), iniziale, centrale e finale. I valori nulli vengono determinati dal programma. Se tutti i tratti hanno valore nullo l' applicazione si intende per tutta la campata.
Linee guida CSLLPP per FRF)	Nelle analisi con spettro elastico i rinforzi a flessione non sono utilizzati.
O Materiali compositi		
Resistenza a taglio:	Non previsto	
Tratti interessati [cm]:	0.0	
Resistenza a flessione:	Non previsto	1
Larghezza:	Tratti interessati (cm):	
[cm] 30.0	0.0 0.0	
Lato inf. 30.0	0.0 0.0	Unità di misura: come indicato in etichetta Applica Appula
III Tecnica di rinforzo element	o pilastro e nodo	X
– Rinforzo nilastro		
Circolare 617/2009 cap. C8A	.7.2	Circolare 617/2009 cap. C8A.7.1
 Incamiciatura in c.a. C8A 	7.1 (*)	C Confinamento in c.a. Diam. 8 / 100.00 [mm]
Sezione ante-operam	[1] Rettangolare: b=35 h=35 🗸 🗸	
	161 Incamiciatura-Rettangolare: b=50 b=50	Inserire diametro e passo per la rete di rinforzo. Se disposta su due lati
Sezione post-operam		introdurre il passo dimezzato.
C Incamiciatura in acciaio C8A.7.2 (*)	Non previsto	Circolare 617/2009 cap. C8A.7.2
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	C Piastra in acciaio Spessore 6.0 [mm]
(*) Le armature/profili Ion resistenza flessionale	jitudinali sono ancorati e contribuiscono alla	Tensione fyk 285.0 [N/mm2]
		Linee guida CSLLPP per FRP
C Materiali compositi	r -	C Materiali compositi Non previsto 💌
Resistenza a tadio:	Non previsto	
Tratti interesseti famli		Tutti gli interventi prevedono zone di applicazione (tratti), iniziale, centrale e finale. I
mattrimeressati (cm).	0.0	valori nulli vengono determinati dal programma. Se tutti i tratti banno valore nullo l'applicazione di intendo nor tutta la campata
Resistenza a flessione:	Non previsto	Nelle analisi con spettro elastico i rinforzi a flessione non sono utilizzati
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	Unità di misura: come indicato in etichetta.
		Reset Applica Annulla

Sia per le travi che per i pilastri sono richieste le seguenti informazioni:

- Sezione ante-operam: la sezione di partenza dell'elemento strutturale (non serve ai fini delle verifiche, è utile solamente per la stampa della relazione di calcolo)
- Sezione post-operam: la sezione finale dell'elemento strutturale
- *Le armature sono ancorate*: se l'opzione è attiva viene considerato anche l'incremento di resistenza flessionale. Se l'opzione non è attiva il rinforzo aumenterà solo la resistenza a taglio

Per i pilastri è possibile indicare anche un intervento di rinforzo nel nodo. Se si decide di rinforzare anche il nodo i dati richiesti sono:

- Diam: diametro delle staffe che si inseriranno nell'incamiciatura del nodo
- Passo: il passo delle staffe che si inseriranno nell'incamiciatura del nodo
- *fyk*: la resistenza caratteristica a snervamento delle staffe che si inseriranno nell'incamiciatura del nodo

Per indicare che è stato applicato un rinforzo agli elementi strutturali viene disegnato un tratteggio:



VERIFICHE DELLA STRUTTURA ANTE-OPERAM E POST-OPERAM

Le verifiche previste dalla norma per gli elementi ed i nodi rinforzati con incamiciatura in cemento armato sono le stesse previste per gli elementi non rinforzati quindi per l'esecuzione delle verifiche ed il controllo dei risultati si rimanda ai paragrafi precedenti relativi alle verifiche con il metodo del fattore di comportamento q ed il metodo dello spettro elastico.

Quello che cambia nel modello post-operam è il calcolo della resistenza degli elementi strutturali. Il riferimento è sempre il §C8.7.4.2.1 della circolare 7/2019:

capacità in termini di resistenza a taglio:

$$\widetilde{V}_R = 0.9 V_R \tag{C8.7.4.1}$$

capacità in termini di resistenza a flessione:

$$M_y = 0.9M_y$$
 [C8.7.4.2]

- capacità in termini di deformabilità allo snervamento:

$$\theta_y = 0.9\theta_y \tag{C8.7.4.3}$$

- capacità in termini di deformabilità ultima:

$$\hat{\theta}_u = \theta_u \tag{[C8.7.4.4]}$$

Per quanto riguarda il rinforzo dei nodi la circolare 7/2019 non fornisce indicazioni quindi la resistenza del nodo rinforzato con un'incamiciatura in c.a.viene calcolata con la formula 7.4.10 del D.M.2018:

Per evitare che la massima trazione diagonale del calcestruzzo ecceda la f_{ctd} deve essere previsto un adeguato confinamento. In assenza di modelli più accurati, si possono disporre nel nodo staffe orizzontali di diametro non inferiore a 6 mm, in modo che:

$$\frac{A_{sh} \cdot f_{ywd}}{b_{j} \cdot h_{jw}} \ge \frac{\left[V_{jbd} / (b_{j} \cdot h_{jc})\right]^{2}}{f_{ctd} + v_{d} \cdot f_{cd}} - f_{ctd}$$
(7.4.10)

Integrata dalle considerazioni delle linee guida Reluis:

Volendo mantenere la stessa notazione in termini tensionali la formula di verifica va scritta come :

$$\begin{split} \sigma_{w} &= \sqrt{\left(\frac{N}{2 \cdot A_{x}} - \frac{\sigma_{or}}{2}\right)^{2} + \left(\frac{V}{A_{x}}\right)^{2} - \left(\frac{N}{2 \cdot A_{x}} + \frac{\sigma_{or}}{2}\right) \leq 0.3 \cdot \sqrt{f_{of}}} \\ \sigma_{w} &= \sqrt{\left(\frac{N}{2 \cdot A_{x}} - \frac{\sigma_{or}}{2}\right)^{2} + \left(\frac{V}{A_{x}}\right)^{2}} + \left(\frac{N}{2 \cdot A_{y}} + \frac{\sigma_{or}}{2}\right) \leq 0.5 \cdot f_{of}} \end{split}$$



Se si eseguono le verifiche a taglio considerando la gerarchia delle resistenze, se l'incamiciatura in c.a. aumenta la resistenza a flessione, aumenterà di conseguenza anche il taglio sollecitante. Per questo motivo è possibile che, eseguendo le verifiche secondo gerarchia, ci sia un peggioramento nelle verifiche a seguito dell'intervento.

Come già accennato nelle note di teoria, questo tipo di interventi causa la variazione della rigidezza degli elementi strutturali con conseguente variazione delle sollecitazioni agenti. Questo comporta l'impossibilità di studiare la parte ante-operam e quella post-operam sullo stesso modello di calcolo.

Quindi le verifiche allo stato di fatto si controlleranno sul modello ante-operam senza rinforzi. Le verifiche dello stato di progetto si controlleranno nel modello post-operam con i rinforzi.

Nel modello post-operam nel menu dei risultati delle travi e dei pilastri bisogna attivare l'opzione *Mostra S-L-post-operam* per accedere ai risultati delle verifiche (se non si attiva il comando PRO_SAP lo ricorderà con un messaggio):



Beton plaquè

L'intervento con beton plaquè consiste nel disporre degli angolari mediante *malta strutturale* o *resina epossidica* per poi saldare i calastrelli realizzati con piatti in direzione trasversale agli angolari.

NOTE DI TEORIA

Per quanto riguarda la resistenza a flessione, essa è subordinata al grado di connessione degli angolari con gli elementi esterni. La Circ. 7/2019 non contempla questo tipo di effetto in quanto il dettaglio costruttivo dell'ancoraggio potrebbe essere non realizzato correttamente.

Inoltre il contributo come "armatura equivalente" degli angolari non è di facile modellazione, in quanto i fenomeni di scorrimento relativo con le sezioni in c.a. esistenti dipendono dall'interfaccia resina-calcestruzzo. L'intervento, nell'ambito delle travi, potrebbe essere usato solo per il rinforzo a taglio (vedi figura 2), utilizzando metodi di ancoraggio che consentono di utilizzarlo come elemento sotto-solaio.



FASI ESECUTIVE

- 1. Puntellamento della trave e, se necessario, delle strutture interessate;
- 2. Demolizione delle parti superficiali di calcestruzzo danneggiato o degradato;
- 3. Preparazione delle superfici del supporto ;
- 4. Fissaggio delle lamiere;
- 5. Collocazione dei connettori;
- 6. Rimozione delle puntellature;
- 7. Protezione delle lamiere con vernice anticorrosiva;
- 8. Protezione delle lamiere dal fuoco con rivestimento isolante;

DEFINIZIONE DEL RINFORZO ED ASSEGNAZIONE AGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per realizzare un intervento di beton plaquè in PRO_SAP è necessario attivare la spunta all'opzione *Interventi di rinforzo* nelle proprietà della trave da rinforzare:

and the second sec		
E Generalità		_
Elemento tipo	Trave	
Sezione	[6] Rett b=50.00 h =50.00	
Rotacione	[ibrig] 0.0	
Materiale	(1) C22/26 esistente	
Criterio di progetto	[1] Criterio standard	_
🗹 Interventi di rinforzo		
Tecnica di rinforro	progetta	i
Conditions embientels	Ordinaria XD	
Filo fisso	elemento in asse	
Layer	Layar Ø	
📋 tha tratti ngidi	in earlier	
E TraviTTBC		

Una volta fatto questo bisogna cliccare sul comando *progetta* per aprire la finestra *Tecnica di rinforzo* per impostare le caratteristiche del rinforzo:

🔲 Tecnica di rinforzo eleme	ento trave					×
Circolare 617/2009 cap. C8A	7		Circolare 617/2009 cap. C8	3A.7		
C Incamiciatura in c.a. C8A	.7.1 (*)		e Beton plaque	Tensione fyk	235.0	[N/mm2]
Sezione ante-operam	Non individuabile	-	Disposizione	e: Tratti interessa	ti [cm]:	
Sezione post-operam	[1] Rettangolare: b=30 h=80	-	Spessore 2.0	100.0	800.0	100.0
C Incamiciatura in acciaio C8A.7.2 (*)	Non previsto	-	Af sup. [cm2] 0.0 Af inf. [cm2] 6.0	0.0	0.0	0.0
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0]	
Linee guida CSLLPP per FR	gitudinali sono ancorati e contribuiscono alla		Tutti gli interventi prevedono finale. I valori nulli vengono c Se tutti i tratti hanno valore r Nelle analisi con spettro elas	zone di applicazior leterminati dal prog hullo l' applicazione stico i rinforzi a fless	ne (tratti), inizial ramma. si intende per 1 ione non sono	le, centrale e rutta la campata. utilizzati.
Materiali compositi	Non previsto					
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0 0.0					
Resistenza a flessione:	Non previsto	-				
Lato sup. [cm] [cm] 30.0 Lato inf. 30.0 [cm]	O.0 O.0 <td></td> <td>Unità di misura: come indica</td> <td>to in etichetta.</td> <td>Applica</td> <td>Annulla</td>		Unità di misura: come indica	to in etichetta.	Applica	Annulla

Sono richieste le seguenti informazioni:

- Tensione fyk: resistenza a snervamento dell'acciaio utilizzato per il rinforzo
- Spessore: lo spessore delle piastre sui due lati della trave
- Af sup: l'area di acciaio disposta all'estradosso della trave
- Af inf: l'area di acciaio disposta all'intradosso della trave
- Tratti: i tratti del lato della trave interessati dal rinforzo

Per esempio per indicare che si vuole rinforzare all'intradosso una trave larga 30 cm con una piastra di spessore 2 mm, l'area di rinforzo è 30x0.2 = 6 cm², quindi alla voce Af inf. va indicato 6 cm².

Per indicare che è stato applicato un rinforzo agli elementi strutturali viene disegnato un tratteggio:



VERIFICHE DELLA STRUTTURA ANTE-OPERAM E POST-OPERAM

Le verifiche previste dalla norma per gli elementi ed i nodi rinforzati con incamiciatura in cemento armato sono le stesse previste per gli elementi non rinforzati quindi per l'esecuzione delle verifiche ed il controllo dei risultati si rimanda ai paragrafi precedenti relativi alle verifiche con il metodo del fattore di comportamento q ed il metodo dello spettro elastico.

La resistenza viene calcolata con i classici metodi di tecnica delle costruzioni considerando i rinforzi metallici come ulteriore area di armatura longitudinale o di staffe.

Incamiciatura in acciaio e metodo CAM

RICHIAMI DI NORMATIVA

Il riferimento normativo per gli interventi di incamiciatura in acciaio e per il metodo CAM è il §C8.7.4.2.2 della circolare 7/2019:

C8.7.4.2.2 Incamiciatura in acciaio

Camicie in acdato possono essere applicate principalmente a pilastri o pareti per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della capacità in termini di resistenza a taglio;
- aumento della capacità in termini di deformazione;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.
- aumento della capacità portante verticale (effetto del confinamento, espressione (8.7.4.6)).

Le camicie di acciaio applicate a pilastri rettangolari sono generalmente costituite da quattro profili angolari sui quali vengono saldate piastre continue in acciaio o bande di dimensioni ed interasse adeguati, oppure sono avvolti nastri in acciaio opportunamente dimensionati. I profili angolari devono essere resi solidali al calcestruzzo esistente attraverso idonei dispositivi (costituiti ad esempio da tasselli metallici).



La normativa prevede che l'incamiciatura in acciaio incrementi solo la resistenza a taglio e non quella a flessione. PRO_SAP consente di avere anche un contributo alla resistenza flessionale. Sarà cura del progettista garantire ancoraggio e aderenza del profilo angolare all'elemento strutturale.

DEFINIZIONE DELL'ARCHIVIO DEI RINFORZI

In PRO_SAP per rinforzare un elemento strutturale con incamiciatura in acciaio o con metodo CAM è necessario definire un archivio di rinforzi che andranno applicati agli elementi strutturali.

È possibile accedere all'archivio sia dal contesto di *Introduzione dati* che dal contesto di *Assegnazione dati* di progetto. In *Introduzione dati* bisogna usare il comando *dati struttura* ► *interventi di consolidamento* ► *rinforzi acciaio cls*; in *Assegnazione dati di progetto* invece bisogna usare il comando *dati progetto* ► *interventi di consolidamento* ► *rinforzi acciaio cls*.

Schen	i di nahasa ana e p	slatti on o	mice in a	contra Lonet	oda (1988)											3
0	Sigle Bottonic Youto ReferenceM	LU 70x18 Atte	Apres 129/0400 129/040	70-00 60-00	50+and+ 53:00 8:00	Acceso S225 Abr	5% 275:00 294:00	The value for field from 1987 1993	Aterrateura 19 08 19 08	Panot hace 58-00 88-00	In here	Accest 5.275 Atby	54 235,06 235,06	410-01 810-09	19690 06-67 06-66	1
		1	1-	eggunig	Eine		inpostane Definier o Dub ansee	re-chil: Information elicite chi filemassa del	Wilayoo Lumbeli	eçikiri eredina i	reporte a di	angeler et	ma (par 1 calo	cotrue () Co	coarte Tec	
ALL I			1	ogg ffte	Ocean I	a	Etimpe- Ratildar Jun	opprozene forsule m [16.4	Hee guido Fiel. Ibr Pie Pie	o (sesuno 30 measers) mont	ынан ө дай колдони Эл 13 КЛО Гадно тоже 135 Т	(60)1 E Exa 3 ha Tagi 226	n graw 7 ng 8 opilaatro		and and and and and and and and and and	
L		-					lests know	ne utilizzane N e con	6311				. 4		4000	

I dati da inserire nella tabella sono i seguenti:

- ID: assegnato automaticamente dal programma, è il numero del rinforzo all'interno dell'archivio
- Sigla: nome del rinforzo
- Angolare: profilo ad L. È possibile utilizzare l'archivio dei profili semplici di PRO_SAP oppure • selezionare Altro ed indicare le dimensioni del profilo ad L da utente
- Area: area della sezione del profilo ad L. Se si sceglie un profilo dall'archivio di PRO SAP è • assegnata in automatico; se si seleziona Altro la deve indicare l'utente
- Lato: lunghezza del lato della sezione del profilo ad L. Se si sceglie un profilo dall'archivio di PRO SAP è assegnata in automatico; se si seleziona Altro lo deve indicare l'utente
- Spessore: spessore del profilo ad L. Se si sceglie un profilo dall'archivio di PRO SAP è assegnata in • automatico; se si seleziona Altro lo deve indicare l'utente
- Acciaio: tipo di acciaio del profilo. Se si indica Altro è possibile indicare la resistenza del materiale da • utente
- fyk: resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio dei profili ad L. Se è stato scelto Altro va . indicato dall'utente, altrimenti è determinato automaticamente dal programma
- Spessore fascia: spessore dei nastri di collegamento tra i profili ad L, espresso in mm
- Altezza fascia: altezza della sezione dei nastri di collegamento tra i profili ad L, espressa in mm
- Passo fasce: distanza tra due nastri di collegamento tra i profili ad L, espressa in mm
- n. fasce: numero di fasce sovrapposte. Per l'incamiciatura in acciaio è necessario usare 1, con il metodo CAM si possono considerare più fasce sovrapposte
- Acciaio: tipo di acciaio delle fasce. Se si indica Altro è possibile indicare la resistenza del materiale . da utente
- fyk: resistenza caratteristica a snervamento dell'acciaio delle fasce. Se è stato scelto Altro va indicato dall'utente, altrimenti è determinato automaticamente dal programma
- ftk: resistenza caratteristica a rottura dell'acciaio delle fasce. Se è stato scelto Altro va indicato dall'utente, altrimenti è determinato automaticamente dal programma
- r. raggio confinamento: raggio di stondatura dei pilastri, espresso in mm. Viene utilizzato nel calcolo • dell'aumento del confinamento

La cornice Impostazione dati rinforzo mostra una anteprima del rinforzo conseguibile. I valori sono riferiti a sezioni tipo 30x50 per le travi e 30x30 per i pilastri.

È sufficiente cliccare la ID del rinforzo che si vuole controllare, impostare il valore della resistenza a compressione media del calcestruzzo e cliccare il pulsante "aggiorna" per leggere:

- fcc: resistenza del calcestruzzo confinato •
- Ecu%: deformazione ultima del calcestruzzo ottenuta tenendo conto del confinamento
- Taglio trave: incremento di resistenza a taglio nella trave •
- Taglio pilastro: incremento di resistenza a taglio nel pilastro



I valori del confinamento e dell'incremento di resistenza a taglio non sono legati al modello di calcolo. Si tratta di uno strumento per controllare se i dati del rinforzo sono stati definiti correttamente. Gli incrementi non si riferiscono agli elementi strutturali modellati ed alle sollecitazioni calcolate con l'analisi della struttura ma si riferiscono ad una generica trave di sezione 30x50 cm e ad un generico pilastro di sezione 30x30 cm

DEFINIZIONE DEL RINFORZO ED ASSEGNAZIONE AGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per realizzare un intervento di incamiciatura in acciaio in PRO SAP è necessario attivare l'opzione Interventi *di rinforzo* nelle proprietà dell'elemento d2:

 Ocirci-ona 	
Elemento tipo	/ Trave
Sezione	[0] Rett h=50.00 h=50.00
Rotagione	0.0 [gradi]
Materiale	(1) C22/26 esistente
Criterio di progetto	[1] Criterio standard
🗹 Interventi di rinforzo	-
Tecnica di rinforto	progetta
Condition: ambientali	Ordinaria XD
Filo fisso	elemento in asse
Layer	Layar Ø
📋 lina tratti ngidi	15 840 C
E Travi TTRC	

Una volta fatto questo bisogna cliccare sul comando *progetta* per aprire la finestra *Tecnica di rinforzo* per impostare le caratteristiche del rinforzo:

Tecnica di rinforzo elem	ento trave				×
Circolare 617/2009 cap. C8A	.7	Circolare 617/2009 cap. C8A	.7		
C Incamiciatura in c.a. C8A	s.7.1 (*)	C Beton plaque	Tensione fyk	235.0	- [N/mm2]
Sezione ante-operam	Non individuabile	Disposizione:	Tratti interessat	ti [cm]:	
Sezione post-operam	[6] Rett: b=60.00 h =21.00	Spessore laterale [mm]	0.0	0.0	0.0
 Incamiciatura in acciaio 	[1] Rinforzo CAM	Af sup. [cm2]	0.0	0.0	0.0
U8A.7.2 (*)		Af inf. [cm2] 18.0	0.0	0.0	0.0
(*) Le armature/profili lor resistenza flessionale	igitudinali sono ancorati e contribuiscono alla P	Tutti gli interventi prevedono zo finale. I valori nulli vengono det Se tutti i tratti hanno valore nul Nelle analisi con spettro elastic	one di applicazion erminati dal progr lo l' applicazione s co i rinforzi a flessi	e (tratti), inizial amma. si intende per t ione non sono	le, centrale e utta la campata. utilizzati.
O Materiali compositi					
Resistenza a taglio:	Non previsto 💌				
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0				
Resistenza a flessione:	Non previsto 💌				
Lato sup. Larghezza: [cm] 30.0 Lato inf. 30.0	Image: Non-Stratt Interessati [cm]: 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0		·		
[cm] ,	1 1	Unita di misura: come indicato	in eticneπa.	Applica	Annulla

📭 Tecnica di rinforzo elemen	to pilastro e nodo	×
- Rinforzo pilastro		Rinforzo nodo
Circolare 617/2009 cap. C84	A.7.2	Circolare 617/2009 cap. C8A.7.1
C Incamiciatura in c.a. C84	A.7.1 (*)	C Confinamento in c.a. Diam. 8 / 100.00 [mm]
Sezione ante-operam	Non individuabile	Tensione fyk 450.0 N/mm2
Sezione post-operam	[2] Rettangolare: b=30.00 h =55.00	Inserire diametro e passo per la rete di rinforzo. Se disposta su due lati introdurre il passo dimezzato.
 Incamiciatura in acciaio C8A.7.2 (*) 	[2] Rinforzo calastrelli	Circolare 617/2009 cap. C8A.7.2
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	Piastra in acciaio Spessore 20.0 [mm]
(*) Le armature/profili lon resistenza flessionale	gitudinali sono ancorati e contribuiscono alla P	Tensione fyk 235.0 [N/mm2] Linee guida CSLLPP per FRP C Materiali compositi Non previsto
Resistenza a taglio:	Non previsto	
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	Tutti gli interventi prevedono zone di applicazione (tratti), iniziale, centrale e finale. I valori nulli vengono determinati dal programma.
Resistenza a flessione:	Non previsto	Se tutti i tratti hanno valore nullo l' applicazione si intende per tutta la campata. Nelle analisi con spettro elastico i rinforzi a flessione non sono utilizzati.
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	Unità di misura: come indicato in etichetta.
	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Reset Applica Annulla

Sia per le travi che per i pilastri sono richieste le seguenti informazioni:

- Incamiciatura in acciaio: il tipo di rinforzo applicato all'elemento strutturale, scegliendo dall'archivio definito in precedenza
- Tratti interessati: i tratti dove viene applicato il rinforzo. Attenzione: se si esegue un rinforzo a taglio si può rinforzare solo una parte dell'elemento, se si esegue un rinforzo a flessione è necessario applicare il rinforzo a tutto l'elemento
- *Le armature sono ancorate*: se l'opzione è attiva viene considerato anche l'incremento di resistenza flessionale. Se l'opzione non è attiva il rinforzo aumenterà solo la resistenza a taglio

Per i pilastri è possibile indicare anche un intervento di rinforzo nel nodo. Se si decide di rinforzare anche il nodo i dati richiesti sono:

- *spessore*: lo spessore della piastra metallica applicata sui lati del nodo dove non è presente una trave, espresso in mm
- tensione fyk: la resistenza a snervamento dell'acciaio di cui è fatta la piastra, espressa in N/mm^2

Per indicare che è stato applicato un rinforzo agli elementi strutturali viene disegnato un tratteggio:



VERIFICHE DELLA STRUTTURA ANTE-OPERAM E POST-OPERAM

Il riferimento per il calcolo dell'incremento di resistenza a taglio è il §C8.7.4.2.2 della circolare 7/2019:

Se la tensione nella camicia è limitata al 50% del valore di snervamento l'espressione della resistenza a taglio aggiuntiva Vi offerta dalla camicia vale:

$$V_i = 0.5 \frac{2L_i}{s} b f_{yw} 0.9 d \cot \theta$$
 [C8.7.4.5]

nella quale d, b_s è e s sono rispettivamente l'altezza utile della sezione trasversale dell'elemento incamiciato, lo spessore, la larghezza e interasse delle bande (Ms=1 nel caso di camicie continue), e f_{sc} è la resistenza di calcolo a snervamento dell'acciaio, θ è l'inclinazione delle fessure per taglio.



Se si eseguono le verifiche a taglio considerando la gerarchia delle resistenze, se l'incamiciatura in c.a. aumenta la resistenza a flessione, aumenterà di conseguenza anche il taglio sollecitante. Per questo motivo è possibile che, eseguendo le verifiche secondo gerarchia, ci sia un peggioramento nelle verifiche a seguito dell'intervento.

Per quanto riguarda il rinforzo dei nodi la circolare 7/2019 non fornisce indicazioni quindi la resistenza del nodo rinforzato con un'incamiciatura in c.a.viene calcolata con la formula 7.4.10 del D.M.2018:

Per evitare che la massima trazione diagonale del calcestruzzo ecceda la f_{ctd} deve essere previsto un adeguato confinamento. In assenza di modelli più accurati, si possono disporre nel nodo staffe orizzontali di diametro non inferiore a 6 mm, in modo che:

$$\frac{\mathbf{A}_{\mathrm{sh}} \cdot \mathbf{f}_{\mathrm{ywd}}}{\mathbf{b}_{\mathrm{j}} \cdot \mathbf{h}_{\mathrm{jw}}} \ge \frac{\left[\mathbf{V}_{\mathrm{jbd}} / (\mathbf{b}_{\mathrm{j}} \cdot \mathbf{h}_{\mathrm{jc}})\right]^{2}}{\mathbf{f}_{\mathrm{ctd}} + \mathbf{v}_{\mathrm{d}} \cdot \mathbf{f}_{\mathrm{cd}}} - \mathbf{f}_{\mathrm{ctd}}$$
(7.4.10)

Integrata dalle considerazioni delle linee guida Reluis:

Volendo mantenere la stessa notazione in termini tensionali la formula di verifica va scritta come :





Attenzione: come si vede dalle formule sopra il rinforzo nel nodo migliora la verifica a trazione ma peggiora quella a compressione.

Tranne che per il calcolo della resistenza le verifiche post-operam sono le stesse previste ante-operam, quindi per brevità si omette la descrizione e si rimanda ai paragrafi precedenti.

Per accedere ai risultati delle verifiche post-operam nel menu dei risultati delle travi e dei pilastri bisogna attivare l'opzione *Mostra S-L- post-operam*. Se l'opzione non è attiva vengono visualizzati i risultati delle verifiche ante-operam.



Fibrorinforzi (FRP)

RICHIAMI DI NORMATIVA

Il riferimento normativo per gli interventi con FRP è il §C8.7.4.2.3 della circolare 7/2019:

C8.7.4.2.3 Placcatura e fasciatura in materiali compositi

L'uso di idonei materiali compositi (o altri materiali resistenti a trazione) nel rinforzo sismico di elementi di c.a. è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi:

- aumento della resistenza a taglio di pilastri, travi, nodi trave-pilastro e pareti mediante applicazione di fasoe con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe;
- aumento della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante applicazione di fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle barre longitudinali ed opportunamente ancorate, purché si garantisca l'efficacia dell'ancoraggio nel tempo
- un aumento della duttilità degli elementi monodimensionali, per effetto dell'azione di confinamento passivo esercitata dalle fasce con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe.

Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con materiali compositi si possono adottare documenti di comprovata validità.

La circolare rimanda a documenti di comprovata validità quindi ai fini dei calcoli si considerano le linee guida CNR-DT 200 e le relative istruzioni per l'applicazione.

DEFINIZIONE DELL'ARCHIVIO DEI RINFORZI

In PRO_SAP per rinforzare un elemento strutturale con FRP è necessario definire un archivio di rinforzi che andranno applicati agli elementi strutturali.

È possibile accedere all'archivio sia dal contesto di *Introduzione dati* che dal contesto di *Assegnazione dati* di progetto. In *Introduzione dati* bisogna usare il comando *dati struttura* ► *interventi di consolidamento* ► *rinforzi FRP cls*; in *Assegnazione dati di progetto* invece bisogna usare il comando *dati progetto* ► *interventi di consolidamento* ► *interventi di consolidamento* ► *rinforzi FRP cls*.

-	mission 10												×
10 102 103 103	i koja richosofarna utakonan richosofarna suotekanan richosofarna suotekanan Manarriterin suotekanan Manarriterin suotekanan	1000000 1010 1010 1010 1010 1010	8 24003.0 24001.0 24001.0 9003.0	401115 140 140 140	Delibite discourse guidosines guidosines guidosines guidosines guidosines	The appearse to A to A to A to A to A	Postilina roko roko roko roko roko	Fibili Antonio granite cattio cattio	108a a 1 0086 0086 0096 0098	larginitis according Inter Int	Largenza face (B 20-9) 20-9) 20-9) 20-9) 20-9)	Pacto facos (b) 400 00 201 00 201 00 201 00 201 00	14 sages control wirks (0-00 25:00 26:00 20:00 20:00
				duna	Terepol	Reportance Defines in Protocol	n def artikasi akin di Afrako	e dei comp	nits for f approx	eren ererten a fast	a contrary to the		atra lava
			- 10	ep No.	inere be	Accesso Accesso Accesso Accesso	60 (10) (4) (4) (4)		Planes (Rijewit (N)	Refuzione forma Tagarman for	Sarkanan Septonet (i)	EncolitAtt (clim Tage noto (41)	egone
14	deted-					Service of Arriva	o analas ta					at a	weeks

I dati da inserire nella tabella sono i seguenti:

- ID: assegnato automaticamente dal programma, è il numero del rinforzo all'interno dell'archivio
- Sigla: nome del rinforzo
- Spessore: spessore del singolo strato del rinforzo
- E: modulo di elasticità del rinforzo (tabella 2-1 delle istruzioni CNR)
- eps r %: deformazione a rottura del rinforzo (tabella 2-1 delle istruzioni CNR)
- *Direzione*: direzione della fibra. Una volta assegnato lo spessore del singolo strato, PRO_SAP calcolerà automaticamente lo spessore totale. Le 4 tipologie di rinforzo disponibili sono:
 - o Uniassiale: fibre disposte in un'unica direzione
 - o Biassiale: si dispongono fasci di fibre lungo due direzioni principali

- Triassiale: si dispongono fasci di fibre inclinati di 120 gradi uno rispetto all'altro 0
- Quadriassiale: si dispongono fasci di fibre inclinati di 135 gradi uno rispetto all'altro 0
- Tipo applicazione: serve a calcolare i coefficienti parziali di sicurezza yf. L'applicazione può essere tipo A o tipo B (si faccia riferimento al §2.4.1 delle CNR DT200).
- Esposizione: può essere interna o esterna
 - Fibra: necessario per determinare eta a. Sono disponibili le seguenti tipologie:
 - o vetro
 - o arammidica
 - o carbonio
 - o *altro* (per guesta tipologia l'utente deve specificare manualmente eta a)
- eta a: fattore di conversione ambientale, che dipende dal tipo di fibra e dall'ambiente (si faccia riferimento al §2.5.1 delle CNR DT200)
- Lunghezza ancoraggio: se il valore viene lasciato pari a 0, PRO SAP considera che si realizzi un ancoraggio di dimensioni maggiori o uguali all'ancoraggio ottimale (disponibile nella cornice "impostazione dati rinforzo"), altrimenti assegnare la lunghezza di ancoraggio lb minore di quella ottimale, la tensione di progetto verrà opportunamente ridotta da PRO SAP secondo quanto previsto dalle CNR DT 200
- Lunghezza fasce d2: larghezza delle fasce, espressa in mm
- Passo fasce d2: distanza tra due fasce di frp, espressa in mm. Se il rinforzo è continuo impostare passo fasce d2 = larghezza fasce d2
- r. raggio confinamento: raggio di stondatura dei pilastri, espresso in mm. Viene utilizzato nel calcolo • dell'aumento del confinamento

La cornice Impostazione dati rinforzo mostra una anteprima del rinforzo conseguibile. I valori sono riferiti a sezioni tipo 30x50 per le travi e 30x30 per i pilastri.

È sufficiente cliccare la ID del rinforzo che si vuole controllare, impostare il valore della resistenza a compressione media del calcestruzzo e cliccare il pulsante "aggiorna" per leggere:

- ancoraggio ottimale: lunghezza di ancoraggio ottimale della fibra •
- fcc: resistenza del calcestruzzo confinato •
- Ecu%: deformazione ultima del calcestruzzo ottenuta tenendo conto del confinamento .
- Taglio trave: incremento di resistenza a taglio nella trave
- *Taglio pilastro*: incremento di resistenza a taglio nel pilastro
- Taglio nodo: incremento di resistenza a taglio nel nodo



I valori del confinamento e dell'incremento di resistenza a taglio non sono legati al modello di calcolo. Si tratta di uno strumento per controllare se i dati del rinforzo sono stati definiti correttamente. Gli incrementi non si riferiscono agli elementi strutturali modellati ed alle sollecitazioni calcolate con l'analisi della struttura ma si riferiscono ad una generica trave di sezione 30x50 cm e ad un generico pilastro di sezione 30x30 cm

DEFINIZIONE DEL RINFORZO ED ASSEGNAZIONE AGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per realizzare un intervento con FRP in PRO SAP è necessario attivare l'opzione Interventi di rinforzo nelle proprietà dell'elemento d2:

tata proprieta DE	
E Generalità	
Elemento tipio	Trave
Sezione	[6] Rett h=50.00 h=50.00
Rotagione	0.0 [gradi]
Materiale	(1) C22/26 esistente
Criterio di progetto	[1] Criterio standard
Interventi di rinforzo	
Tecnica di rinforro	progetta re
Conditions ambientals	Ordinaria XD
Filo fisso	elemento in ause
Layer	Layar S
Lina tratti ngidi	10.052010
E Travi TTRC	

Una volta fatto questo bisogna cliccare sul comando *progetta* per aprire la finestra *Tecnica di rinforzo* per impostare le caratteristiche del rinforzo:

🔲 Tecnica di rinforzo eleme	ento trave	×
┌Circolare 617/2009 cap. C8A	.7	Circolare 617/2009 cap. C8A.7
C Incamiciatura in c.a. C8A	.7.1 (*)	C Beton plaque Toppiono fulk 235.0 [N/mm2]
Sezione ante-operam	Non individuabile 💌	
Sezione post-operam	[6] Rett: b=60.00 h =21.00	Spessore 6.0 0.0 0.0 0.0
C Incamiciatura in acciaio C8A.7.2 (*)	Non previsto	Af sup. [cm2] 18.0 0.0 0.0 0.0 Af inf. [cm2] 18.0 0.0 0.0 0.0
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	
(*) Le armature/profili lon resistenza flessionale	gitudinali sono ancorati e contribuiscono alla.	Tutti gli interventi prevedono zone di applicazione (tratti), iniziale, centrale e finale. I valori nulli vengono determinati dal programma. Se tutti i tratti hanno valore nullo l' applicazione si intende per tutta la campata.
Linee guida CSLLPP per FRI	>	Nelle analisi con spettro elastico i rinforzi a flessione non sono utilizzati.
Materiali compositi		
Resistenza a taglio:	[3] Fibrorinforzo quadriassiale	
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0 0.0	
Resistenza a flessione:	Non previsto	
Larghezza:	Tratti interessati [cm]:	
[cm] 60.0	0.0 0.0	
Lato inf. 6.0	0.0 0.0	Unità di misura: come indicato in etichetta
Tecnica di rinforzo elemen Rinforzo pilastro	to pilastro e nodo	Rinforzo nodo
Circolare 617/2009 cap. C84	A.7.2	Circolare 617/2009 cap. C8A.7.1
C Incamiciatura in c.a. C8/	A.7.1 (*)	C Confinamento in c.a. Diam. 8 / 100.00 [mm]
Sezione ante-operam	Non individuabile	Tensione fyk 450.0 N/mm2
Sezione post-operam	[2] Rettangolare: b=30.00 h =55.00	Inserire diametro e passo per la rete di rinforzo. Se disposta su due lati introdurre il passo dimezzato.
C Incamiciatura in acciaio	Non previsto	Circolare 617/2009 cap. C8A.7.2
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	C Piastra in acciaio Spessore 6.0 [mm]
(*) Le armature/profili lor resistenza flessionale	ngitudinali sono ancorati e contribuiscono alla	Tensione fyk 235.0 [N/mm2]
	P	Linee guida CSLLPP per FRP
Materiali compositi		Materiali compositi [4] Fibrorinforzo nodi
Resistenza a taglio:	[3] Fibrorinforzo quadriassiale	
Tratti interessati [cm]:	0.0 0.0	Tutti gli interventi prevedono zone di applicazione (tratti), iniziale, centrale e finale. I valori nulli vengono determinati dal programma.
Resistenza a flessiono:	Non provinte	Se tutti i tratti hanno valore nullo l' applicazione si intende per tutta la campata.
Tresistenza a nessione.		Nelle analisi con spettro elastico i rinforzi a flessione non sono utilizzati.
Tratti interessati (cm):	0.0 0.0	Unità di misura: come indicato in etichetta.
		Applica Annulla

Sia per le travi che per i pilastri sono richieste le seguenti informazioni:

- *Resistenza a taglio*: il tipo di rinforzo applicato all'elemento strutturale per incrementare la resistenza a taglio, scegliendo dall'archivio definito in precedenza
- *Tratti interessati*: i tratti dove viene applicato il rinforzo a taglio. Attenzione: se si esegue un rinforzo a taglio si può rinforzare solo una parte dell'elemento, se si esegue un rinforzo a flessione è necessario applicare il rinforzo a tutto l'elemento
• *Resistenza a flessione*: il tipo di rinforzo applicato all'elemento strutturale per incrementare la resistenza a flessione, scegliendo dall'archivio definito in precedenza

Per i pilastri è possibile indicare anche un intervento di rinforzo nel nodo. Se si decide di rinforzare anche il nodo i dati richiesti sono:

• *Materiali compositi*: il tipo di rinforzo applicato nel nodo per incrementare la resistenza a taglio, scegliendo dall'archivio definito in precedenza

Per il rinforzo a taglio sono previsti due metodi di applicazione delle fibre:

- Ad U: applicazione con continuità delle fibre sul lembo inferiore e sui bordi laterali della sezione. PRO_SAP utilizza questa tipologia per le travi; l'altezza di applicazione del rinforzo è ottenuta come altezza della trave meno spessore del solaio.
- In avvolgimento: le fibre sono disposte con continuità su tutti i lati della sezione. PRO_SAP utilizza questa tipologia per i pilastri.



Per il rinforzo a flessione delle travi l'applicazione delle fibre può essere effettuata in continuità su uno o entrambi i lati, pertanto è possbile definire:

- il lato di applicazione del rinforzo (superiore/inferiore)
- la larghezza della fascia (indicando un valore nullo il rinforzo non si intende applicato su quel determinato lato)
- la lunghezza di estensione del rinforzo; è possibile scegliere se estendere il rinforzo per tutta la lunghezza del D2 o solo per alcuni tratti. Se tutti i tratti hanno valore nullo l'applicazione si intende per tutta la campata.

Per indicare che è stato applicato un rinforzo agli elementi strutturali viene disegnato un tratteggio:



VERIFICHE DELLA STRUTTURA ANTE-OPERAM E POST-OPERAM

Il riferimento normativo per il calcolo dell'incremento di resistenza conseguito in seguito all'applicazione degli FRP è il capitolo 4 delle istruzioni CNR-DT 200.

La tensione massima sopportabile dal fibrorinforzo è funzione della lunghezza di ancoraggio che si riesce a garantire. La lunghezza di ancoraggio che garantisce il massimo valore di tensione è quella ottimale:

In tal caso il valore di tensione conseguibile è:

$$f_{\text{fill}} = \frac{0.17}{\gamma_{\text{fill}} \cdot \sqrt{\gamma_{\text{fill}}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{f}} \cdot \sqrt{f_{\text{sck}} \cdot f_{\text{scin}}}}{t_{\text{f}}}} \quad \text{[forze in N, lunghezze in mm]}, \tag{4.3}$$

Nel caso non sia possibile garantire la lunghezza di ancoraggio ottimale è necessario indicare nell'archivio dei fibrorinforzi la lunghezza di ancoraggio che è possibile utilizzare, PRO_SAP calcolerà automaticamente il valore massimo della tensione nella fibra in funzione della lunghezza di ancoraggio effettiva.

La «rotazione rispetto alla corda» di travi e pilastri può essere incrementata mediante confinamento con FRP. Per la valutazione della rotazione ultima rispetto alla corda θu di elementi rinforzati si può utilizzare la seguente formula (si veda il §3.7.3.1.2 delle linee guida del CNR).

Il consolidamento a taglio si ottiene avvolgendo completamente o parzialmente il perimetro della sezione. Sono consentiti unicamente rinforzi la cui direzione di maggior resistenza sia ortogonale all'asse longitudinale dell'elemento.

La resistenza di progetto a taglio dell'elemento rinforzato può essere valutata attraverso la seguente relazione:

$$V_{s,t} = \min\{V_{s,t} + V_{s,t}, V_{s,t,s}\}$$

Dove:

- VRd,s: contributo è il contributo dell'armatura trasversale di acciaio, da valutarsi in accordo con la Normativa vigente ponendo l'angolo di inclinazione delle fessure da taglio rispetto all'asse dell'elemento, θ pari a 45°;
- VRd,f: contributo a taglio fornito dai fibrorinforzi
- *VRd,c*: è la resistenza della biella compressa di calcestruzzo

Il contributo del fibrorinforzo (VRd,f) può essere valutato nel modo seguente:

$$V_{\text{Rad}} = \frac{1}{\gamma_{\text{Rad}}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{\text{Rad}} \cdot 2 \cdot t_{\text{f}} \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \cdot \frac{w_{\text{f}}}{p_{\text{f}}}$$

Dove:

• $\theta = 45^{\circ}$

- b = 90°
- wf = larghezza della fascia
- pf = passo delle fasce
- Ffed = resistenza efficace di progetto la cui formula viene distinta a seconda della disposizione delle fasce (ad U o completo avvolgimento)

Resistenza efficace di progetto per fasciatura ad U:

$$f_{\text{tot}} = f_{\text{tot}} \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{l_* \cdot \sin \beta}{\min \left\{ 0.9 \cdot d, h_{\pi} \right\}} \right]$$

e a completo avvolgimento:

$$f_{\rm M} = f_{\rm M} \cdot \left[1 - \frac{1}{6} \cdot \frac{I_{\rm g} \cdot \sin \beta}{\min\left\{ 0.9 \cdot d, h_{\rm g} \right\}} \right] + \frac{1}{2} (\phi_{\rm R} \cdot f_{\rm M} - f_{\rm M}) \cdot \left[1 - \frac{I_{\rm g} \cdot \sin \beta}{\min\left\{ 0.9 \cdot d, h_{\rm g} \right\}} \right]$$

Dove:

- β =90° = angolo di inclinazione delle fasce
- ffdd = resistenza di progetto alla delaminazione
- Φ r = parametro che dipende dalla rastremazione degli angoli della sezione e può variare tra 0,2 ed 1

La verifica a flessione e pressoflessione richiede che il momento sollecitante *MSd* sia minore di quello resistente della sezione rinforzata, *MRd* calcolato con le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane fino a rottura
- Perfetta aderenza tra i materiali
- Incapacità del calcestruzzo di resistere a trazione
- Legami costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio conformi alle normative vigenti
- Legame costitutivo del fibrorinforzo elastico lineare fino a rottura

Si ipotizza che la rottura per flessione si manifesti quando si verifica una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della massima deformazione plastica nel calcestruzzo compresso, ε_{cu}, come definita dalla Normativa vigente
- raggiungimento di una deformazione massima nel rinforzo di FRP, ɛfd, calcolata come:

$$s_{st} = \min\left\{\eta_s \cdot \frac{\sigma_{st}}{\gamma_t}, s_{std}\right\}.$$

Forze e momenti nell'acciaio, nel calcestruzzo e nell'FRP possono essere espressi in funzione dei diagrammi equivalenti delle tensioni



Per le verifiche dei nodi, Il calcolo dell'incremento di resistenza a trazione conseguibile nei pannelli dei nodi non confinati va eseguito tenendo conto del contributo del materiale fibrorinforzato nella direzione delle tensioni principali di trazione e **limitando la massima deformazione al valore 4**‰:

$$\sigma_{w} = \sqrt{\left(\frac{N}{2 \cdot A_g} - \frac{\sigma_{or}}{2}\right)^2 + \left(\frac{V}{A_g}\right)^2 - \left(\frac{N}{2 \cdot A_g} + \frac{\sigma_{or}}{2}\right) \le 0.3 \cdot \sqrt{f_{of}}}$$
$$\sigma_{w} = \sqrt{\left(\frac{N}{2 \cdot A_g} - \frac{\sigma_{or}}{2}\right)^2 + \left(\frac{V}{A_g}\right)^2} + \left(\frac{N}{2 \cdot A_g} + \frac{\sigma_{or}}{2}\right) \le 0.5 \cdot f_{od}}$$

Dove oor è data da:

$$\sigma_{or} = \frac{A_f \cdot f_{fd}}{b_j \cdot h_{jw}}$$

Af è l'area delle fasce, ffd è la resistenza di progetto del fibrorinforzo ottenuta considerando una deformazione pari a:

$$\varepsilon_{j\alpha} = \min\left(\eta_s \frac{\varepsilon_{j\alpha}}{\gamma_j}; 0.004\right)$$



Attenzione: come si vede dalle formule sopra il rinforzo nel nodo migliora la verifica a trazione ma peggiora quella a compressione.

Tranne che per il calcolo della resistenza le verifiche post-operam sono le stesse previste ante-operam, quindi per brevità si omette la descrizione e si rimanda ai paragrafi precedenti.

Per accedere ai risultati delle verifiche post-operam nel menu dei risultati delle travi e dei pilastri bisogna attivare l'opzione *Mostra S-L- post-operam*. Se l'opzione non è attiva vengono visualizzati i risultati delle verifiche ante-operam.



Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in cemento armato con rinforzi

Per riportare in relazione di calcolo i risultati delle verifiche degli elementi in muratura con assegnati dei rinforzi è necessario utilizzare le seguenti opzioni:

- Tecniche di rinforzo: riporta in relazione le caratteristiche del rinforzo assegnato agli elementi strutturali
- *Progetto d2*: riporta in relazione i risultati delle verifiche eseguite con il metodo del fattore di comportamento q
- Verifiche c.a. esistente q = 1: riporta in relazione i risultati delle verifiche eseguite con il metodo dello spettro elastico

Verifica di edifici esistenti in muratura

Proprietà dei materiali

Nel caso si voglia verificare un edificio esistente in muratura è necessario indicare nell'archivio dei materiali che si tratta di un materiale esistente.

A questo punto il programma chiede se si vuole la conversione automatica dei parametri da valori caratteristici a valori medi o se si intende modificare i parametri manualmente:



I parametri richiesti per la definizione di un materiale tipo muratura esistente sono gli stessi richiesti per un materiale tipo cemento armato nuovi. Per brevità se ne omette la descrizione e si rimanda al capitolo 12. Le differenze tra un materiale nuovo ed un materiale esistente principalmente due: come già accennato i valori della resistenza sono medi, non caratteristici. Inoltre per i materiali esistenti è richiesto di specificare il valore del fattore di confidenza FC:

1				
(atenale cor	rente			
muletura E e matte di ci	+ 1 800e+04 Muratura minattarispera sce			
1	Detinizione proprietà materiale	tipo muratura		
Copie		and the second second second second second second second second second second second second second second second		
	Stringa identificativa		-	1
Appin	🗄 Generalità			
	Materiale esistente			
	Fattore di confidenza FC m	0.0		
	🗄 Resistenze			
	Resistenza fm	18.0 [daN/cm2]		
	Resistenza fvOm	0.6 [daN/cm2]		
	Resistenza fbm	9.0 [daN/mr2]		
	Resistenza form	36.0 [daN/cm2]		1.00
	Elasto-plastico per aste n			
	Muratura consolidata			
	Proprietă			
	Peso specifico	1.8000e-03 [daN/cm3]		
	Cilatazione termica	1.0000e-05 [1/C]		
	Dilatazione termica ≥	1.0000e-05 [1/C]		
	Dilatazione termica 3	1.0000a-05 [1/C]		
	Smorzamento	5.0	-	
	and the state of the second			



È possibile specificare il valore di FC sia nelle proprietà del materiale, se il materiale è esistente, sia al passo I dei casi di carico sismici. Se vengono specificati entrambi i valori viene utilizzato

quello indicato nell'archivio dei materiali. Se invece nell'archivio dei materiali si lascia il valore zero viene utilizzato FC specificato al passo I dei casi di carico sismici. Questo permette di considerare per uno specifico materiale un valore di FC diverso da quello assegnato al resto della struttura. È utile per esempio se per uno specifico materiale o per una specifica parte della struttura sono state fatte più prove che per gli altri materiali o per gli altri elementi strutturali.

Metodi di verifica per strutture esistenti in muratura

La circolare 7/2019 prevede tre diversi metodi di verifica per le strutture in muratura:

- 1. Verifica attraverso un insieme esaustivo di verifiche locali su macroelementi
- 2. Verifica con analisi globale lineare della risposta sismica della struttura
- 3. Verifica con analisi statica non lineare (Pushover)

PRO_SAP consente l'applicazione di tutti e tre i metodi di verifica previsti dalla norma.

1. Verifica attraverso un insieme esaustivo di verifiche locali su macroelementi

Questo metodo di verifica è definito al §C8.7.1 e descritto al §C8.7.1.2 della circolare 7/2019. Si applica nei casi in cui la struttura non manifesta un chiaro comportamento d'insieme.

Questo tipo di verifiche può essere eseguito con il modulo *PRO_CINEm*. Per ulteriori informazioni sulle verifiche dei cinematismi si rimanda al manuale di *PRO_CINEm*.

2. Verifica con analisi globale lineare della risposta sismica della struttura

Questo metodo di verifica è descritto al §C8.7.1.3 della circolare 7/2019. La circolare consente di eseguire sia analisi statiche lineari che dinamiche lineari applicando un fattore di comportamento q (§C8.7.1.3.1.1 e §C8.5.5.1 della circolare 7/2019).

DEFINIZIONE DEI CRITERI DI PROGETTO

Per eseguire le verifiche sugli elementi strutturali in muratura è necessario definire i criteri di progetto. I criteri di progetto per gli edifici esistenti in muratura sono gli stessi previsti per gli edifici nuovi quindi, per brevità, si omettono. Per la definizione dei comandi si rimanda al capitolo 12 del manuale.



Nel caso la muratura sia stata modellata con gli elementi D3 si consiglia di definire ed assegnare i criteri di progetto nel contesto di *Introduzione dati* in modo che il *check dati* struttura, in fase di definizione dei macroelementi, distingua maschi murari e fasce di piano.

ESECUZIONE DELLE VERIFICHE

Per le verifiche degli elementi strutturali è necessario:

- 11. Definire le Combinazioni (se non sono state definite le combinazioni di carico, i comandi non sono attivi)
- 12. Definire i Criteri di progetto
- 13. Assegnare il criterio di progetto agli elementi strutturali
- 14. Selezionare gli elementi che si desidera verificare
- 15. Usare il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Verifica edificio esistente*. In alternativa è possibile cliccare con il tasto destro in un punto qualsiasi della finestra grafica di *PRO_SAP* per far comparire il menù a puntatore ed usare il comando *Esecuzione progettazione* ► *Verifica edificio esistente*

CONTROLLO DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE

Una volta eseguite le verifiche il controllo dei risultati avviene tramite i seguenti comandi:



```
Ð
```

controlla Controlla: permette di accedere alla Finestra di controllo generale per controllare i risultati delle verifiche relativi al singolo elemento ed i dettagli

Nel caso degli edifici in muratura le verifiche da eseguire sono le stesse previste per gli edifici nuovi. Per brevità se ne omette la descrizione e si rimanda al capitolo 12 del manuale.

3. Verifica con analisi statica non lineare (Pushover)

L'analisi statica non lineare consiste nell'applicare all'edificio i carichi gravitazionali e un sistema di forze orizzontali che, mantenendo invariati i rapporti relativi fra le forze stesse, venga scalato in modo da far crescere monotonamente lo spostamento orizzontale di un punto di controllo della struttura, fino al raggiungimento delle condizioni ultime.

Il metodo è descritto al §7.3.4.2 del D.M.2018 ed al §C7.3.4.2 della circolare 7/2019.

Per l'applicazione dell'analisi statica non lineare agli edifici esistenti in muratura la circolare fa ulteriori precisazioni al §C8.7.1.3.1

GENERAZIONE DEL MODELLO A TELAIO EQUIVALENTE PER L'ANALISI NON LINEARE

Modellando la struttura a telaio equivalente è possibile eseguire sia analisi lineari che analisi non lineari. Anche nel caso di modellazione a telaio equivalente si consiglia di partire da un disegno architettonico in formato DXF da importare in *PRO_SAP*.

Una volta importato l'architettonico il telaio equivalente si genera in questo modo:

- 16 Usare il comando *setta riferimento* ► *elementi d*2 per impostare il materiale tipo muratura da utilizzare per la generazione degli elementi deformabili del telaio
- 17 individuare sull'architettonico una poligonale con 4 vertici che identifichi la posizione del primo maschio, dell'apertura e del secondo maschio (si veda ad esempio la figura successiva, punti 1-4); assegnando un poligonale con solo 2 vertici il programma realizzerà un muro privo di aperture.
- 18 Nel caso di incrocio con pareti ortogonali è necessario aggiungere due punti alla poligonale in modo da creare un nodo per collegare correttamente le due pareti ortogonali. È necessario cliccare due volte nella posizione dove i due muri ortogonali si incrociano, come se nel punto di incrocio ci fosse la fine di una parete e l'inizio di una nuova parete. Si consiglia di controllare nella finestra *Generazione muro con aperture* che il contatore sia avanzato di due posizioni.
- 19 introdurre l'altezza totale della muratura (Altezza tot.).
- 20 introdurre l'altezza della zona inferiore all'apertura (Altezza inf.); assegnando un valore pari a zero il programma realizzerà l'apertura corrispondente a una porta.
- 21 introdurre l'altezza della zona sopra all'apertura (Altezza sup.)
- 22 introdurre lo spessore della muratura (Spessore).
- 23 introdurre il valore percentuale dell'altezza del concio rigido (%Rigido alt.); assegnando un valore pari a 100 i conci rigidi avranno un'altezza pari ad "Altezza inf." e ad "Altezza sup."; assegnando un valore minore di 100 i conci rigidi saranno di altezza inferiore, aumentando in tal modo la deformabilità del telaio.



Utilizzando il generatore di telai il programma aggiunge in modo automatico all'archivio delle sezioni le sezioni trasversali necessarie per la definizione del telaio equivalente, assegnando a queste sia deformabilità flessionale che a taglio. Vengono aggiunti, inoltre, all'archivio dei materiali due materiali infinitamente rigidi: uno con lo stesso peso specifico della muratura (utilizzato per i tratti dei pilastri infinitamente rigidi) e uno con peso specifico nullo (utilizzato per i tratti delle travi infinitamente rigide).



Una parete trasmette il momento a quella ortogonale a meno che il progettista non assegni degli svincoli a momento nelle proprietà delle travi. Per non introdurre delle labilità nel modello è necessario svincolare solo una delle due travi concorrenti nel nodo.



Prima di eseguire le analisi non lineari è necessario assegnare la proprietà di *Trave non lineare* agli elementi finiti che modellano parti della struttura in cui si ipotizza possano verificarsi delle plasticizzazioni.

Un elemento tipo *Trave non lineare* ha delle proprietà aggiuntive rispetto ad una trave lineare. Queste proprietà aggiuntive sono descritte nel seguito:



- Aggiornamento consentito: solo per elementi in c.a. Consente al programma di aggiornare automaticamente i parametri tramite l'importazione dei dati da un modello sorgente
- M3 negativo: momento ultimo negativo per flessione attorno all'asse locale 3
- M3 positivo: momento ultimo positivo per flessione attorno all'asse locale 3
- *M2*: momento ultimo per flessione attorno all'asse locale 2. Il valore viene utilizzato sia per il momento negativo che per il momento positivo
- V2: taglio ultimo in direzione parallela all'asse locale 2
- V3: taglio ultimo in direzione parallela all'asse locale 3
- Aggiornamento consentito: solo per elementi in muratura. Consente di calcolare automaticamente i parametri in base alle formule della normativa. Se si attiva questa opzione non è necessario assegnare i valori dei momenti e dei tagli ultimi (il valore rimarrà zero, automaticamente in fase di analisi il programma determinerà i valori di progetto)

È possibile individuare il tratto iniziale e quello finale in base all'orientamento dell'asse locale 1. Per visualizzare gli assi locali degli elementi d2 è necessario usare il comando *Preferenze* ► *Opzioni elementi* ed attivare l'opzione *Elementi d2 assi locali*.



Solo gli elementi che hanno assegnato un materiale tipo muratura possono avere la proprietà di trave non lineare. Gli elementi infinitamente rigidi del telaio devono essere elementi lineari. Se si assegna la proprietà di trave non lineare ad un elemento rigido del telaio la struttura risulterà labile e le analisi non arriveranno a convergenza.

Per travi e pilastri in muratura il programma considera i seguenti meccanismi:

- pressoflessione nel piano (par 7.8.2.2.1 DM 14/1/2008)

- taglio (par 7.8.2.2.2 DM 14/1/2008)
- pressoflessione fuori dal piano (par 7.8.2.2.3 DM 14/1/2008)

Per i maschi murari, in accordo con la normativa, il programma considera i seguenti valori degli spostamenti ultimi:

- 0.8% dell'altezza del pannello murario nel caso di pressoflessione (per edifici nuovi) (par 7.8.2.2.1 DM 14/1/2008)
- 0.6% dell'altezza del pannello murario nel caso di pressoflessione (per edifici esistenti) (par C8.7.1.4)
- 0.4% dell'altezza del pannello murario nel caso di taglio (par C8.7.1.4)

Nel caso durante l'analisi non lineare venga superato il limite di spostamento di un elemento, il programma ne azzera la capacità (l'elemento viene considerato come un'asta).

Nel caso lo sforzo normale sia di trazione il programma azzera la capacità dell'elemento strutturale (l'elemento viene considerato come un'asta).

Cenni di teoria sulla modellazione a telaio equivalente

Un utile riferimento per la modellazione di strutture a telaio equivalente in muratura è il testo *Metodi* semplificati per l'analisi sismica non lineare di edifici in muratura del prof.Magenes da cui sono tratte le immagini seguenti che illustrano come viene creato il telaio equivalente per le strutture in muratura:



Fig. 13 - Schematizzazione a telato equivalente di una parete caricata nel piano.

Fig. 14 - L'elemento maschio murario.



Fig. 15 - Definizione dell'altezza efficace dei mazchi murari (Dolce, 1989).



Fig. 20 - Definizione della lunghezza efficace delle fasce.



Fig. 23 - Elemento maschio tridimensionale.



Fig. 24 - Scomposizione di un muro composto in maschi elementari.

DEFINIZIONE DEI CASI DI CARICO PER LE ANALISI NON LINEARI

La definizione dei casi di carico e l'applicazione dei carichi al loro interno va eseguita con gli stessi comandi previsti per un edificio nuovo. Per la descrizione dei comandi si faccia riferimento al capitolo 8 del manuale.

Per quello che riguarda i casi di carico relativi ai carichi statici è possibile utilizzare il comando Dati di carico
► Casi di carico: aiuti per la definizione automatica.

Per quello che riguarda i casi di carico sismici è necessaria una breve premessa sulle prescrizioni della norma riguardo le analisi non lineari.

Per l'analisi è necessario introdurre almeno due distinte distribuzioni di forze orizzontali a scelta tra quelle definite dal §7.3.4.2 del D.M.2018. È necessario considerare una distribuzione del gruppo 1 ed una distribuzione del gruppo 2, si riporta uno stralcio del D.M.:

Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

 se il modo di vibrare tondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 73% si applica una delle due distribuzioni seguenti:

distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, utilizzando come seconda distribuzione la a) del Gruppo 2,

distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare nella direzione considerata;

 in tutti i casi può essere utilizzata la distribuzione corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, includendo nella direzione considerata un numero di modi con partecipazione di massa complessiva non inferiore allo 85%. L'utilizzo di questa distribuzione è obbligatorio se il periodo fondamentale della struttura è superiore a 1,3 T_c.

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

a) distribuzione di forze, desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;

 b) distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura;

c) distribuzione multimodale, considerando almeno sei modi significativi.

Per gli edifici esistenti in muratura la circolare 7/2019, al §C8.7.1.3.1 aggiunge che:

Nel caso invece di diaframmi dotati di rigidezza non trascurabile, l'analisi della risposta sismica globale può essere effettuata con uno dei metodi di cui al § 7.3, con le precisazioni e le restrizioni indicate al § 7.8.1.5, delle NEC. In particolare è possibile utilizzare l'analisi statica non lineare assegnando, come distribuzioni principale e secondaria, rispettivamente, la prima distribuzione, sia del Gruppo 1, sia del Gruppo 2, indipendentemente dalla percentuale di massa partecipante sul primo modo.

In PRO_SAP sono disponibili le seguenti distribuzioni di forze:

Gruppo 1

- Distribuzione proporzionale alle forze statiche
- Distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare

Gruppo 2

• Distribuzione di forze desunta da un andamento uniforme di accelerazioni

Non è disponibile la definizione automatica dei casi di carico tipo Esk per l'analisi statica non lineare. Questi casi di carico vanno aggiunti manualmente dall'utente all'archivio dei casi di carico a cui è possibile accedere con il comando *Dati di carico* ► *Casi di carico*.

In base a quanto riportato nella circolare, per l'analisi non lineare di un edificio esistente in muratura si consiglia di considerare la prima distribuzione del gruppo 1 e la prima distribuzione del gruppo 2.



Gruppo 1 a)

All'interno dell'archivio dei casi di carico, **per ogni stato limite** che è necessario considerare, andranno aggiunti i seguenti casi di carico Esk:

- Angolo di ingresso 0 (direzione X), eccentricità accidentale positiva, non lineare distribuzione di forze come per statica lineare (Gruppo 1 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 0 (direzione X), eccentricità accidentale negativa, non lineare distribuzione di forze come per statica lineare (Gruppo 1 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 90 (direzione Y), eccentricità accidentale positiva, non lineare distribuzione di forze come per statica lineare (Gruppo 1 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 90 (direzione Y), eccentricità accidentale negativa, non lineare distribuzione di forze come per statica lineare (Gruppo 1 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 0 (direzione X), eccentricità accidentale positiva, non lineare distribuzione di forze proporzionale alle masse (Gruppo 2 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 0 (direzione X), eccentricità accidentale negativa, non lineare distribuzione di forze proporzionale alle masse (Gruppo 1 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 90 (direzione Y), eccentricità accidentale positiva, non lineare distribuzione di forze proporzionale alle masse (Gruppo 1 distribuzione 1)
- Angolo di ingresso 90 (direzione Y), eccentricità accidentale negativa, non lineare distribuzione di forze proporzionale alle masse (Gruppo 1 distribuzione 1)

CASI DI CARICO SISMICI PER LE ANALISI NON LINEARI

La procedura guidata per la definizione dei casi di carico sismici nei primi tre passi è identica a quella prevista per le analisi lineari. Per brevità quindi se ne omette la descrizione.

Al passo IV ed al passo V sono presenti comandi specifici per le analisi statiche non lineari che vengono commentati nel seguito:

Image: Spost relative Image: Spost relative <td< th=""><th>dir. x-x</th><th>dir. y-y 0.277</th><th>dir. 2-2</th><th></th></td<>	dir. x-x	dir. y-y 0.277	dir. 2-2	
aggiuntiva X: 5 Y; 5 Periodo T1 [primo modo] Spost. relativo limite 1000/h 3 [5	0.277	0.277	0.977	
Spost relativo			Ven	
mite 1000/n 3 5	0.226	0.226	0.204	L4
Se (T1)+SLD	0.249	0.249	0.044	Sv (vert.
Dati per analsi dinamica Rapp T1/TrZ	10.0	10.0	Constant Sector	N
N. 12 N. modi 0 Accelerazione	a uniforme (Fi	=Fh]	suggerito:	
Fattore per calcolo 1 Eccentricità o rigidezza secante 1 Usa spostami	onvenzionale enti medi di p	con momenti M iano per pusho	wer SI	h I

In questa finestra le opzioni che hanno effetto sull'analisi non lineare sono contenute nelle cornici Dati comuni per le analisi e Dati per analisi statica lineare e non lineare:

- *Quota spiccato*: definisce la quota al di sotto della quale sono trascurati i carichi applicati alle strutture ai fini della determinazione delle masse sismiche. È utile se il progettista intende considerare l'ipotesi che le parti di struttura interrate si muovano unitamente al terreno e quindi non generano masse sismiche orizzontali. Sono esclusi dal calcolo delle masse sismiche anche i carichi applicati alla quota definita. La quota spiccato va assegnata in cm a partire dal sistema di riferimento globale.
- Contributo carichi in fondazione: di norma gli elementi con assegnata la proprietà di fondazione ed i carichi ad essi applicati non contribuiscono al computo delle masse sismiche. Questa opzione permette di forzare il programma a considerare anche la massa ed i carichi applicati a questi elementi nel computo delle masse sismiche
- Eccentricità aggiuntiva: assegna il valore dell'eccentricità accidentale in direzione perpendicolare all'azione sismica definita in fase di introduzione dei casi di carico sismici. Per i valori da assegnare fare riferimento al §7.2.3 (se la distribuzione degli elementi non strutturali è fortemente irregolare in pianta assegnare il 10% di eccentricità) e §7.2.6 del D.M. 2018
- Spostamento relativo limite 1000/H: serve ad indicare lo spostamento limite indicato dalla norma (Fd, dc d). Se per un elemento strutturale lo spostamento supera questo valore la sua capacità viene azzerata e l'elemento si considera un'asta
- Usa spostamenti medi di piano per pushover: Nelle analisi di pushover viene considerata la media degli spostamenti dei nodi alla quota del nodo di controllo anziché lo spostamento del punto di controllo per la realizzazione della curva di capacità

D.C. sis	mica [9] CL	XC=Es (statico	SLU non lin.)	(prop. mass	e) alta=0.0 Nod	o cont. 67	(**)	S (oriz.)
vnalisi mo Ii riferime	dale Autor	natica			Stoglia Mod	to rifer, 10	(**)	
Sisma	LC1	LC2	LC 3	LC4	LC 5 M	LC 6[*]	~	
LCU9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		T
LC U 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LCU 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
LC U 12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		Sv:(vert
LC U 13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	A
LC U 14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	~	11
<						2	>	
(") ATOI	coefficienti	per carichi var	p iidei		(**) 0 per defai	at in pushover		
do Qk : u	tilizzare psi	2		2307 8) G	Definizione	masse automa	tica	T
ttic Qsk/C	ank : utilizza	re di regola 1	(psi 2 da archiv	io carico)		Theorem designing	0.00	

In questa finestra le opzioni che hanno effetto sull'analisi non lineare sono:

- Nodo cont.: permette di specificare quale nodo della struttura assumere come punto di controllo (una volta inserito il numero del nodo premere *Invio* sulla tastiera per confermare l'inserimento del dato).
 Se si lascia il valore zero il programma determinerà automaticamente quale nodo assumere come punto di controllo.
- Analisi modale di riferimento: consente di importare i risultati dell'analisi dinamica da un altro modello. Il comando sfoglia consente di cercare il modello da cui importare i dati. Nel caso non vengano importati i dati prima di procedere alle analisi il programma eseguirà automaticamente un'analisi modale per determinare i periodi dei modi di vibrare della struttura e le masse eccitate. Il comando può essere utile per modelli molto grandi in quanto non eseguire l'analisi dinamica prima del pushover comporta un risparmio di tempo
- Modo riferimento: se è stata considerata un'analisi modale di riferimento consente di selezionare il numero del modo di vibrare da considerare come modo di vibrare fondamentale della struttura

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI DI CALCOLO

Per le analisi non lineari è possibile chiedere al programma la definizione automatica delle combinazioni di calcolo. I comandi da utilizzare sono gli stessi che si utilizzano per le analisi lineari. Per brevità se ne omette la descrizione e si rimanda al capitolo 8 del manuale.

Se si sfrutta la definizione automatica delle combinazioni per l'analisi non lineare le combinazioni di calcolo sono definite in accordo al §2.5.3 e §7.3.5 del D.M. 2018, tenendo conto delle precisazioni del §C7.3.5 della circolare 7/2019.

ESECUZIONE DELLE ANALISI

La procedura per eseguire le analisi non lineari su un edificio in muratura è la seguente:

- 6. Check dati di carico
- 7. Salvataggio dati per le analisi
- 8. Esecuzione analisi lineare
- 9. Calcolo delle curve

In alternativa è possibile utilizzare il comando *Esecuzione analisi* che esegue automaticamente le prime tre fasi.



Check dati di carico

Con il comando check dati di carico viene eseguita un'analisi dinamica lineare che determina i periodi dei modi di vibrare della struttura e le relative masse eccitate per individuare il modo di vibrare principale.

Questa operazione ha effetto sulle analisi solo se è stata scelta una distribuzione delle forze proporzionale alla forma del modo di vibrare (Gruppo 1 distribuzione 2).

In questa fase viene anche individuato il punto di controllo nel caso l'utente non l'abbia specificato manualmente al passo V dei casi di carico sismici.

Al termine del check dei dati di carico il programma restituisce un report con i dati calcolati:



Sono disponibili le seguenti informazioni:

- CDC: il caso di carico di riferimento
- Massa risultante: la massa sismica per il caso di carico considerato
- Dati target: numero del nodo che viene assunto come punto di controllo
- Spostamento: traslazione del nodo assunto come punto di controllo
- *GammaF*: coefficiente di partecipazione Γ (formula C7.3.5 della circolare 7/2019)
- Massa * g: rapporto tra la massa dell'oscillatore equivalente e la massa della struttura reale
- Massa ** g: percentuale di massa partecipante dinamica (fattore di partecipazione del modo adottato nella direzione del sisma)

CALCOLO DELLA CURVA DI CAPACITÀ



Al termine delle analisi lineari si suggerisce di eseguire un esaustivo controllo dei risultati (in particolare deformate e sollecitazioni) per controllare l'assenza di errori di modellazione e verificare che il comportamento del modello di calcolo sia in linea con il comportamento che ci si aspetta dalla struttura reale. Solo dopo il controllo dei risultati si possono calcolare le curve.

Per il calcolo delle curve di capacità bisogna accedere alla finestra Analisi di pushover. Per accedere alla finestra bisogna usare il comando Dati di progetto ► Analisi pushover nel contesto di Visualizzazione risultati:

I Analisi di pushover \times dc verifica F verifica PGA verifica [g] dc Danno dc Ultimo Fb max Combinazione Domanda ۸ СМВ 1 0.0 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 0.0 **С**МВ 2 0.0 0.0 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 СМВ 3 $N \lor (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 СМВ 4 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 / СМВ 5 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 СМВ 6 0.0 0.0 0.0 $N \vee (D > C)$ 0.0 0.0 NV(D > C)CMB 7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 -FACMD 0 $\land \land$ $\land \land$ $\land \land$ $\land \land$ $\land \land$ < > Controllo curva capacità Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16 termine analisi per tipo SLU-V analisi non effettuata d PGA(d) F(d) 0.0 Salva modello con meccanismi 🔘 d [domanda o verifica] O d [spostamento ultimo] C setta d [imposta d per verifica] animazione risultati Fattori per l' analisi di pushover usa per muratura 🔽 usa Fbmax per DL Aggiorna curve 0.0001 modifica incremento automatica • convergenza: tolleranza Output curva 0.8 5.0000e-04 forza: riduzione limite forza: incremento iniziale

Prima di poter eseguire il calcolo delle curve è necessario impostare i parametri presenti nella cornice *Fattori per l'analisi di pushover*:

forza: incremento limite

azione: incrudimento

1.0000e-05

1.0000e-05

🗆 Fattori per l' analisi di pushove	r		
		usa per muratura 🔲 usa Fbmax per DL 🕅	Aggiorna curve
convergenza: tolleranza	0.0001	modifica incremento automatica 🔽 🔽	Output curva
forza: riduzione limite	0.85	forza: incremento iniziale 5.0000e-04	
spostamento: limite superiore	15.0	forza: incremento limite 1.0000e-05	Applica
rigidezza: limite inferiore	5.0000e-04	azione: incrudimento	Esci

I parametri presenti nella cornice sono i seguenti:

5.0

5.0000e-02

spostamento: limite superiore

rigidezza: limite inferiore

- *Convergenza: tolleranza*: tolleranza massima per la convergenza della soluzione (valore suggerito: 0.0001)
- forza: riduzione limite: valore limite della riduzione di forza nel tratto decrescente della curva di capacità; nel caso la curva nel tratto discendente assuma un valore pari a (Fmax * "riduzione limite") il programma interrompe l'analisi (valore suggerito: 0.8 per muratura e 0.85 per c.a.)

Applica

Esci

- *spostamento: limite superiore*: valore massimo dello spostamento, espresso in cm. Nel caso venga raggiunto il programma interrompe l'analisi (valore suggerito: 5 cm)
- *rigidezza: limite inferiore*: valore minimo di rigidezza (intesa come pendenza della curva di capacità) della struttura rispetto alla rigidezza iniziale; nel caso venga raggiunto il programma interrompe l'analisi (valore suggerito: 5.00e-2)
- *usa per muratura*: se l'opzione è attiva il programma utilizza una rigidezza elastica del sistema bilineare equivalente individuata tracciando la secante alla curva di capacità nel punto corrispondente a un taglio alla base pari a 0.6 volte il taglio massimo secondo quanto indicato al paragrafo C8.7.3.4.2 della circolare 7/2019 (metodo A). Si consiglia l'uso di questa opzione per l'analisi di strutture in muratura
- *usa Fbmax per DL*: se l'opzione è attiva il programma individua la capacità ultima in corrispondenza del massimo taglio alla base per combinazioni di tipo Stato limite di Danno per strutture in muratura
- modifica incremento automatica: se attiva il programma modifica automaticamente l'incremento di forza utilizzato nell'analisi di pushover
- *forza: incremento iniziale*: consente di indicare l'incremento iniziale di forza sismica (valore suggerito: 5.00e-4)
- *forza: incremento limite*: consente di specificare l'incremento minimo di forza sismica per cui il programma analizza la struttura; se non viene trovata la convergenza l'incremento di forza viene ridotto fino al valore limite inferiore (valore suggerito: 5.00e-5)
- *azione: incrudimento*: consente di specificare il fattore di incrudimento delle resistenze ultime (valore suggerito: 5.00e-5)



I parametri nella cornice *Fattori per l'analisi di pushover* sono stati preimpostati per garantire una rapida convergenza senza perdere qualità nel risultato delle analisi. In genere non è necessario modificare i parametri di default. L'unico parametro che l'utente deve obbligatoriamente specificare è forza: riduzione limite che va indicato in base alle indicazioni della norma.

Infatti la normativa definisce due metodi differenti per il calcolo dell'oscillatore elastoplastico equivalente: uno è più adatto per la muratura e l'altro per le altre tipologie strutturali.

Se l'opzione *usa per muratura* è attiva PRO_SAP individua la rigidezza dell'oscillatore elastoplastico equivalente tracciando la secante alla curva in corrispondenza ad un taglio alla base pari a 0.6 volte il taglio massimo alla base (metodo A §C7.3.4.2 circolare 7/2019); se l'opzione non è attiva PRO_SAP individua la rigidezza dell'oscillatore equivalente in base all'uguaglianza delle aree nel sistema equivalente (metodo B §C7.3.4.2 circolare 7/2019).



Una volta che sono stati definiti i parametri per le analisi non lineari per calcolare le curve bisogna utilizzare *Applica* per confermare i parametri inseriti, quindi *Aggiorna curve* per lanciare il calcolo delle curve di capacità e le verifiche.

Il calcolo delle curve richiede un tempo attesa variabile in base al numero di combinazioni pushover e di elementi D2 tipo trave non-lineare modellati.

Cenni di teoria e riferimenti normativi sull'analisi non lineare

L'analisi non lineare si sviluppa secondo i seguenti passi:

- in ciascun piano della struttura viene introdotta una distribuzione di forze orizzontali (in accordo ai casi di carico definiti dall'utente ed al §7.3.4.2 del D.M.2018)
- le forze orizzontali vengono incrementate con accrescimento lineare. Lo schema statico cambia a causa del raggiungimento dei valori ultimi di resistenza degli elementi strutturali man mano che le forze aumentano
- viene determinato un legame forza-spostamento generalizzato tra la risultante delle forze applicate ("taglio alla base" Fb) e lo spostamento dc di un "punto di controllo" identificato durante il check dati di carico. In base a quanto indicato dall'utente al passo IV dei casi di carico sismici anziché lo spostamento del punto di controllo si potrebbe determinare il legame forza-spostamento in base alla media degli spostamenti di tutti i nodi che si trovano alla stessa quota del punto di controllo. (questa curva viene rappresentata in rosso nella finestra *Analisi di pushover*)
- viene individuato un oscillatore ad un grado di libertà a comportamento bi-lineare equivalente. Questo sistema viene ottenuto in accordo con il secondo quanto riportato al punto C7.3.4.2 della circolare 7/2019. Si calcola il legame F*-d* tra il taglio alla base ed il relativo spostamento del sistema equivalente dividendo i valori della struttura reale per il coefficiente di partecipazione Γ, formula C7.3.5 circolare 7/2019. (la curva caratteristica dell'oscillatore equivalente viene rappresentata in verde nella finestra Analisi di pushover)

- la curva forza F*-spostamento d* del sistema equivalente viene approssimata con una bilineare (riportata in nero nella finestra *Analisi di pushover*). La bilineare può essere calcolata in diversi modi:
 - se è attiva l'opzione Usa per muratura la bilineare è definita tracciando la secante alla curva di capacità nel punto corrispondente a un taglio alla base pari a 0.6 volte il taglio massimo (metodo A §C7.3.4.2 circolare 7/2019)
 - se l'opzione usa per muratura non è attiva la bilineare viene individuata in base all'equivalenza delle aree (metodo B §C7.3.4.2 circolare 7/2019).
- si individuano sulla bilineare:
 - Le coordinate del punto di snervamento **Fy*** e **dy***
 - La rigidezza K*
 - Il periodo *T** (formula C7.3.6 circolare 7/2019)
- sulla bilineare viene determinata la risposta massima in termini di spostamento *d*max* (formula C7.3.8 oppure C7.3.9 della circolare 7/2019) del sistema equivalente utilizzando lo spettro di risposta elastico in accordo con il §C7.3.4.2 della circolare 7/2019
- lo spostamento del sistema equivalente viene convertito nella configurazione deformata effettiva della struttura reale. Lo spostamento effettivo *d domanda* del punto di controllo risulta pari a *Γ*·*d*max*
- viene eseguita la verifica controllando che la domanda in termini di spostamento sia inferiore alla capacità della struttura

CONTROLLO DEI RISULTATI DELLE ANALISI NON LINEARI

Al termine del calcolo sono disponibili le curve ed i dettagli riguardanti l'analisi:



Nella finestra grafica sono riportati:

- Curva rossa: curva forza-spostamento della struttura reale
- Curva verde: curva forza-spostamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Curva nera: curva bilineare dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Pallino azzurro: punto di funzionamento individuato sulla bilineare
- Quadrato viola: punto di funzionamento individuato sulla curva della struttura reale
- *Linea verticale azzurra*: indica il punto della curva a cui si riferiscono i risultati rappresentati nella cornice *Controllo curva di capacità* e nella finestra grafica di PRO_SAP

Sono disponibili i seguenti risultati delle analisi:

- Combinazione: combinazione di riferimento
- Domanda: risultato della verifica
- dc verifica: spostamento del punto di controllo in corrispondenza del punto di funzionamento (o
 performance point). Viene ottenuto come prodotto di d*max per Gamma. Nel caso la domanda sia
 maggiore della capacità convenzionalmente viene riportato il valore relativo all'ultimo punto della
 curva (quindi nel caso la verifica non sia soddisfatta si avrà dc verifica = dc Ultimo)
- *F verifica*: taglio alla base corrispondente allo spostamento *d verifica*. Nel caso la domanda sia maggiore della capacità convenzionalmente viene riportato il valore relativo all'ultimo punto della curva (quindi nel caso la verifica non sia soddisfatta si avrà F verifica = Fb max)

- *PGA verifica [g]*: accelerazione di verifica dell'edificio in corrispondenza dello spostamento di verifica (corrisponde alla PGA della zona sismica su suolo elastico). Se la verifica non è soddisfatta viene riportata l'accelerazione corrispondente allo spostamento ultimo della struttura
- dc Danno: spostamento al superamento dello spostamento di interpiano limite assegnato al passo IV dei casi di carico sismici. Per gli edifici in muratura se non viene superato lo spostamento limite viene riportato quello in corrispondenza di Fmax. Attenzione: il programma individua la tipologia di edificio in base all'opzione usa per muratura
- dc Ultimo: spostamento del punto di controllo in corrispondenza alla capacità ultima
- *Fb max*: massimo taglio alla base della struttura
- *Fbmax/Fb1*: rapporto tra il moltiplicatore della forza orizzontale che fornisce il massimo taglio alla base della struttura ed il moltiplicatore per cui si ottiene la plasticizzazione del primo elemento strutturale (alfaU/alfa1 del D.M.2018)
- Gamma: coefficiente di partecipazione Γ (formula C7.3.5 della circolare 7/2019)
- Fy*: forza al limite elastico dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- dy*: spostamento limite elastico dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- M* x g: massa dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- *K**: rigidezza dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà; rappresenta la pendenza del primo tratto della bilineare
- *T**: periodo dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà (formula C7.3.6 circolare 7/2019)
- Se(T*) (g): ordinata dello spettro corrispondente al periodo T*
- *q**: rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- *d*max*: risposta in spostamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà

Cornice Controllo curva capacità

Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8								
tipo termine analisi per								
SLU-V [sup. [forza riduzione limite]								
d	PGA(d)	F(d)						
3.5335	0.1368	40050.121						
Salva modello con meccanismi								
Modifica accelerazione < ag >								
🖲 d [dom	anda o verific	a]						
O d [spos	stamento ultim	ю]						
🔘 setta d	[imposta d pe	er verifica]						
O animazione risultati								
5		· ·						

In questa cornisce sono riportati i seguenti dati:

- *Comb.*: combinazione di riferimento
- *Tipo*: tipologia di combinazione (V = salvaguardia della vita, D = danno, C = collasso)
- Termine analisi per: motivo per cui le analisi sono terminate, i motivi possono essere i seguenti:
 - Analisi non effettuata: non sono ancora state calcolate le curve
 - o Labilità: l'analisi è terminata perché la struttura è stata portata al collasso
 - Labilità in tratto softening: l'analisi è terminata perché la struttura è stata portata al collasso nel tratto decrescente della curva di capacità
 - Sup. spostamento lim.sup.: l'analisi è terminata perché lo spostamento del punto di controllo ha superato il valore indicato in spostamento: limite superiore
 - Sup. rigidezza lim. inf. l'analisi è terminata perché a causa delle plasticizzazioni degli elementi strutturali la rigidezza della struttura è diventata più piccola del valore definito in Rigidezza limite inferiore
 - Sup. max forza sismica: l'analisi è terminata perché il comportamento della struttura è indefinitamente lineare (per quanto si aumenti la forza orizzontale non avvengono plasticizzazioni o superamenti dello spostamento limite negli elementi strutturali)

- Sup. forza riduzione limite: l'analisi è terminata perché è stato raggiunto il valore della forza orizzontale specificato in *Forza: incremento limite*
- *d*: spostamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà in corrispondenza del punto della curva in esame
- PGA (d): accelerazione in corrispondenza del punto della curva in esame
- F(d): forza applicata alla struttura in corrispondenza del punto della curva in esame
- Salva modello con meccanismi: consente di salvare una copia del modello di calcolo dove gli elementi non lineari sono sostituiti da elementi lineari e vengono introdotti degli svincoli in corrispondenza delle sezioni dove si sono aperte le cerniere plastiche
- *Modifica accelerazione < ag >*: consente di fissare il valore della domanda. Questo comando è attivo solo se è selezionata l'opzione *Setta d*. Per la domanda il programma di default assume il valore proposto dalla normativa per la località indicata nella *Pericolosità sismica*
- *d [domanda o verifica]*: posiziona il cursore in corrispondenza del punto in cui vengono eseguite le verifiche (punto di funzionamento)
- *d* [spostamento ultimo]: posiziona il cursore in corrispondenza dell'ultimo punto della curva
- *setta d*: consente il controllo passo-passo dei risultati attivando il cursore che consente di scorrere tra i vari punti della curva di capacità. Inoltre attiva il comando *Modifica accelerazione* che consente di definire la domanda
- Animazione: scorre automaticamente tutti i punti della curva di capacità

CONTROLLO PASSO-PASSO DEI RISULTATI DELL'ANALISI NON LINEARE

Nel contesto di *Visualizzazione risultati* è possibile controllare passo-passo tutti i risultati dall'analisi relativi agli elementi D2 con i seguenti comandi:

- 1. Aprire la finestra Analisi di pushover con il comando Dati di progetto > Analisi pushover
- 2. Utilizzare il comando Vedi combinazione e selezionare una combinazione sismica
- 3. Attivare la mappa del risultato di interesse (spostamenti nodali, sollecitazioni, reazioni vincolari, deformata, ecc...)
- 4. All'interno della finestra Analisi di pushover utilizzare il comando setta d e cercare con il cursore il punto della curva di interesse. La mappa che è visualizzata si aggiornerà automaticamente mostrando i valori calcolati in corrispondenza del punto della curva indicato. In alternativa si possono anche usare i comandi per la selezione dei punti notevoli della curva d domanda e d spostamento ultimo per controllare rispettivamente i risultati in corrispondenza del performance point e quelli in corrispondenza dell'ultimo punto della curva



Il controllo passo-passo dei risultati dell'analisi è attivo solo se la finestra Analisi di pushover è aperta.

Durante il controllo passo-passo dei risultati dell'analisi è possibile passare da una combinazione di calcolo all'altra anche cliccando sul numero della combinazione nella prima colonna della finestra *Analisi di pushover*.





Il controllo passo-passo dei risultati consente anche di seguire l'evoluzione dei danneggiamenti degli elementi con i comandi *Azioni d2* ► *Avanzate* ► *Plast. muratura P* e *Plast. muratura O*



Il comando *Plast. muratura P* mostra i danneggiamenti dovuti ai carichi nel piano della muratura, il comando *Plast. muratura O* quelli dovuti ai carichi ortogonali.

Sugli elementi strutturali compaiono dei simboli che consentono di comprendere i danneggiamenti che hanno subito dovuti alle sollecitazioni calcolate nel punto corrente della curva:





I simboli sono i seguenti:



IL REPORT DELL'ANALISI NON LINEARE

Durante le analisi non lineari il programma scrive automaticamente un report con le informazioni riguardanti le curve.

Questi dati sono automaticamente copiati all'interno della finestra Analisi di pushover.

Una volta terminato il calcolo delle curve è possibile riaprire il report utilizzando il comando *Output curva* che consente anche di esportare l'immagine delle curve in formato jpeg.

I dati presenti nel report sono i seguenti:

Controllo dello stato - report	×
Accelerazione Se(T*): 3.76804e-01	~
Spostamento d*e.max (da Sd(T*)) : 5.86341e-02	
Fattore g*: 3.29166e-01	
Spostamento d* max; 5.86341e-02	
Taglio F*: 3.62470e+04	
Spostamento Domanda SL: 8.65691e-02	
INFORMAZIONI AGGIUNTIVE =====>	
Stato limite di danno: assunto da Fb max	
Spostamento de Danno; 3.54525e-01	
Spostamento dc Fb max: 3.54525e-01	
Spostamento de Ultimo: 3.54525e-01	
Taglio Fb Danno: 1.72076e+05	
Taglio Fb max: 1.72076e+05	
Taglio Fb Ultimo: 1.72076e+05	
PGA dc Danno: 4.18355e-01	
PGA dc Ultimo: 418638e-01	
Indicatore di rischio alfae: 316456e+00	
Indicatore di rischio alfau 3 16670e+00	
Analisi combinazione n. 5	
<pre><= FLABORAZIONE CURVA DI CAPACITA'=====></pre>	
Apalisi terminata per superato (rigidezza: limite inferiore)	
Bannorto. Eb may/Eb 1 : 26667e+00	
Area softesa dal diagramma E ^A . 6 43280e+02	
Spostamento da algo 7 di Ebut - 3 49222e-02	
Snottamento (M* · 4.84990e-02	
Massa m* 1 001840+05	
Periodo T** 9 53635e-02	
<pre><==== CALCOLO DOMANDA DI SPOSTAMENTO =====></pre>	
Acceleratione Se(T [*]) : 4.05279e-01	
Spostamento d ⁴ e max (da Sd(T [*])) : 9 15858e-02	
Eattore a*- 1 88841e+00	
Spostamento d* max: 3 42180e-01	
Taglio F* 2 15009e+04	
Spostamento Domanda SI : -4 82737e-01	
La domanda di spostamento è superiore alla capacità. La verifica risulta pegativa. Controllare i limiti assegnati	
Domanda in spostamento superiore alla capacità: riduzione convenzionale della domanda	
< INFORMAZIONI AGGIUNTIVE>	
Stato limite di danno, assunto da Eb max	
Spostamento de Danno: -7.64155e-02	
Spostamento do Eb max -7.64155e-02	
Spostamento de Ultimo: -7.64155e-02	
Taglio Eb Danno: -3 12021e+04	
Tadlio Fb max: -3.12021e+04	
Taglio Fb Ultimo:3 12021e+04	
PGA dc Danno: 7.11861e-02	
PGA dc Ultimo: 7,12063e-02	
Indicatore di rischio alfae: 5.38473e-01	
Indicatore di rischio alfau: 5.38626e-01	
1	$\mathbf{\vee}$

- Combinazione di riferimento
- Motivo per cui è terminata l'analisi
- Rapporto Fbu/Fbm1: rapporto tra il moltiplicatore della forza orizzontale che fornisce il massimo taglio alla base della struttura ed il moltiplicatore per cui si ottiene la plasticizzazione del primo elemento strutturale (alfaU/alfa1 del D.M.2018)
- E*: area sottesa dalla curva dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Spostamento d*: spostamento dell'oscillatore equivalente nel punto corrispondente allo 0.7 della forza massima
- *Rigidezza K**: rigidezza dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà; rappresenta la pendenza del primo tratto della bilineare
- Spostamento dy*: spostamento al limite elastico dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Taglio Fy*: forza al limite elastico dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Massa m*: massa dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà
- Periodo T*: periodo dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà (formula C7.3.6 circolare 7/2019)
- Accelerazione Se(T*): ordinata dello spettro corrispondente al periodo T*
- Spostamento d*e max: risposta in spostamento del sistema equivalente al limite elastico
- *Fattore q**: rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà

- Spostamento d*max: risposta in spostamento del sistema equivalente
- *Taglio F**: forza al limite elastico del sistema equivalente
- Spostamento domanda: domanda in termini di spostamento
- Spostamento dc Danno: spostamento al superamento dello spostamento di interpiano limite assegnato al passo IV dei casi di carico sismici. Per gli edifici in muratura se non viene superato lo spostamento limite viene riportato quello in corrispondenza di Fmax.
- Spostamento dc Fb max: spostamento della struttura reale in corrispondenza al massimo taglio alla base
- Spostamento dc Ultimo: spostamento della struttura reale in corrispondenza alla capacità ultima
- Taglio Fb Danno: forza in corrispondenza dello spostamento dc Danno
- Taglio Fb max: forza in corrispondenza al massimo taglio alla base
- Taglio Fb Ultimo: forza in corrispondenza all'ultimo punto della curva di capacità
- PGA dc Danno: accelerazione in corrispondenza dello spostamento dc Danno
- PGA dc Ultimo: accelerazione in corrispondenza dello spostamento ultimo (o di collasso)
- Indicatore di rischio alfae: rapporto tra l'accelerazione di progetto e quella di verifica allo SLD (solo per strutture in muratura)
- *Indicatore di rischio alfau*: rapporto tra l'accelerazione di progetto e quella di verifica allo SLV (o SLC) (solo per strutture in muratura)

ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DEGLI EDIFICI IN MURATURA CON ANALISI NON LINEARE

Per eseguire le verifiche di una struttura in muratura con l'analisi non lineare è necessario:

- 3. Calcolare le curve
- 4. Se le verifiche sono soddisfatte, cioè se per ogni combinazione di calcolo considerata la domanda è minore della capacità, eseguire le analisi dei cinematismi

Per le analisi dei cinematismi è possibile utilizzare il modulo PRO_CINEm. Per le note di teoria sul calcolo dei cinematismi e l'uso del programma si faccia riferimento al manuale di PRO_CINEm.

Cosa fare se la domanda è superiore alla capacità?

Se in alcune combinazioni di calcolo la domanda è superiore alla capacità per trovare l'accelerazione per cui la struttura risulta verificata è necessario utilizzare il comando *Setta d* e successivamente *Modifica accelerazione* per calare la domanda.

È necessario calare la domanda fino a quando non si ottiene che la domanda è inferiore alla capacità per tutte le combinazioni di calcolo considerate.

Una volta che la domanda è inferiore alla capacità per tutte le combinazioni di calcolo considerate, è possibile leggere l'accelerazione per cui la struttura è verificata (o la PGA su suolo di tipo A) nella colonna PGA della finestra *Analisi di pushover*.

Una volta fatto questo è possibile procedere con il calcolo dei cinematismi con il modulo PRO_CINEm. Le verifiche dei cinematismi devono essere soddisfatte per lo stesso valore di accelerazione per cui sono soddisfatte le verifiche globali della struttura.

NOTA SULLE ANALISI DI PUSHOVER

L'analisi statica non lineare è piuttosto delicata e richiede che il modello di calcolo sia definito correttamente. Per valutare se il modello di calcolo è corretto, prima di eseguire un'analisi di pushover, consigliamo di eseguire i seguenti passi:

- 8. Eseguire le analisi del modello con i soli carichi verticali e controllare i risultati dell'analisi (spostamenti, rotazioni e deformate, eventuali messaggi di avviso/errore dati dal programma). In questa fase non devono essere presenti elementi finiti tipo trave non lineare
- 9. Assegnare agli elementi che modellano parti della struttura che si ritiene possano plasticizzare la proprietà di trave non lineare
- 10. Creare i casi di carico di tipo Esk per l'analisi di pushover
- 11. Definire una sola combinazione di calcolo con il sisma
- 12. Lanciare le analisi lineari e controllare i risultati (spostamenti, rotazioni e deformate, eventuali messaggi di avviso/errore dati dal programma)
- 13. Provare a calcolare le curve nell'unica combinazione di calcolo definita
- 14. Se tutte le fasi precedenti sono andate a buon fine e non sono stati rilevati errori di modellazione definire tutte le combinazioni previste dalla normativa e procedere con l'analisi di pushover

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in muratura

Per riportare in relazione di calcolo i risultati delle verifiche degli edifici esistenti in muratura è necessario utilizzare le seguenti opzioni:

- Verifica con analisi lineare: è necessario stampare gli stessi capitoli necessari per gli edifici nuovi in c.a.
- Verifica con analisi statica non lineare: è sufficiente selezionare il capitolo della sismica per riportare in relazione di calcolo i dati relativi alle curve di capacità.

Interventi di rinforzo per edifici esistenti in muratura

PRO_SAP consente di applicare i seguenti interventi di rinforzo agli elementi esistenti in muratura:

- Iniezioni di miscele leganti
- Intonaco armato
- Diatoni artificiali
- Fibrorinforzi

Richiami di normativa

Iniezioni di miscele leganti, intonaco armato e diatoni artificiali

Per quanto riguarda gli interventi di iniezioni di miscele leganti, intonaco armato e diatoni artificiali il riferimento normativo è la circolare 7/2019, in particolare la tabella C8.5.II:

Tabella C85.II -Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone: ricorsi o listature: sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con inizzioni di malta; consolidamento con intonaco armata; ristilature armata con connessione dei paramenti.

		itato di 1	fatto	Interventi di consolidamento			
Tipologia di muratura	Malta buona	Ricorsi u listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1.5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Munatura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcasenite, ecc.,)	1,6		1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2		1,2	1,2	1,2		1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1.3 (***)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura <40%)	1,2				1,3		1,3

(*) I coefficienti contettivi relativi alle interiori di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con venifiche sia radia fase di escuziono (miettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(**) Valori da ridume convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. >70 cm).

(***) Nel caso di mutatura di mattoni si intende come "malta buota" una malta con resistenza media a compressione fu superiore a 2 N/mm? In tal caso il coefficiente cornettivo può essene posto pari a fa¹** (fu in N/mm?).

(****) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente comessa quella apparecchiata a regola d'arte.

In questa tabella vengono indicati gli incrementi di rigidezza e di resistenza della muratura conseguibili con i vari interventi (oltre a dei coefficienti correttivi dei parametri di base della muratura per peculiarità positive o negative degli elementi).

Vale la pena notare che i coefficienti correttivi sono indipendenti dalla tecnologia utilizzata per eseguire il rinforzo, dipendono solo dal tipo di rinforzo eseguito e dalla tipologia di muratura in esame.

Compositi fibrorinforzati

Il riferimento normativo per i rinforzi in FRP sono le CNR-DT 200 e le relative linee guida del C.S.LL.PP. Si richiamano brevemente le parti dei documenti necessarie a definire le caratteristiche dei rinforzi in *PRO_SAP*.

Le seguenti tabelle indicano i coefficienti parziali di sicurezza ed i fattori di conversione ambientale:

Modalità di collasso	Coefficiente parziale	Applicazione tipo A	Applicazione tipo B
Rottura	79	1.10	1.25
Distacco	124	1.20	1.50

Tabella 2-1 - Coefficienti	parziali ym per	i materiali ed i	prodotti
----------------------------	-----------------	------------------	----------

Tabella 2-2 – Coefficienti parziali y _{Rd} .				
Modello di resistenza	7964			
Flessione/Pressoflessione	1.00			
Taglio/Torsione	1.20			
Confinamento	1.10			

Tabella 2-3 – Fattore di conversione ambientale η_a per varie condizioni di esposizione e vari sistemi di FRP.

Condizione di esposizione	Tipo di fibra / resina	η_{w}
	Vetro / Epossidica	0.75
Interna	Arammidica / Epossidica	0.85
	Carbonio / Epossidica	0.95
	Vetro / Epossidica	0.65
Esterna	Arammidica / Epossidica	0.75
	Carbonio / Epossidica	0.85
	Vetro / Epossidica	0.50
Ambiente aggressivo	Arammidica / Epossidica	0.70
	Carbonio / Epossidica	0.85

In *PRO_SAP* non è necessario specificare i coefficienti parziali di sicurezza, il programma li determina automaticamente in base alle tabelle 2-1 e 2-2 riportate sopra.

In *PRO_SAP* è richiesto di specificare solamente il tipo di fibra e l'esposizione, il calcolo del fattore di conversione ambientale è automatico in base alla tabella 2-3. È necessario che il valore venga definito dall'utente solo nel caso in cui il progettista scelga di utilizzare un tipo di fibra non previsto dalle CNR-DT 200.

Le caratteristiche meccaniche degli FRP sono le seguenti. I valori sono da intendersi come caratteristici per gli edifici nuovi; per le strutture esistenti come medi. In questo caso i valori di resistenza vengono divisi per il fattore di confidenza; si divide per il fattore di confidenza anche Em (determina l'inclinazione del primo tratto del diagramma triangolo rettangolo adottato) tenuto conto della correlazione E-f.

11.10.3.4 Moduli di elasticità secanti

Il modulo di elasticità normale secante della muratura è valutato sperimentalmente su *n* muretti ($n \ge 6$), seguendo sia per la confezione che per la prova le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-1:2001.

In sede di progetto, in mancanza di determinazione sperimentale, nei calcoli possono essere assunti i seguenti valori:

- modulo di elasticità normale secante $E = 1000 f_k$
- modulo di elasticità tangenziale secante G = 0.4 E

Il fibrorinforzo è definito dai parametri:

modulo elastico	Ef
spessore	tf

resistenza a trazione ffk dilazione alla rottura efk (ffk/Ef)

dilatazione di progetto efd (vedi formule seguenti; i legami sigma-eps sono sempre lineari)

$$\varepsilon_{it} = \min \left[\left\{ \eta_a \cdot \frac{\varepsilon_{a}}{\gamma_f}, \varepsilon_{itst} \right\},$$
(4.1)

$$I_* = \sqrt{\frac{E_t \cdot t_t}{2 \cdot f_{\text{min}}}} \qquad [\text{lunghezze in mm}], \qquad (4.2)$$

$$f_{\text{std}} = \frac{0.17}{\gamma_{\text{fd}} \cdot \sqrt{\gamma_{\text{M}}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{f}} \cdot \sqrt{f_{\text{mk}} \cdot f_{\text{mm}}}}{I_{\text{f}}}} \quad \text{[forze in N, lunghezze in mm]}, \quad (4.3)$$

$$f_{\text{SML rid}} = f_{\text{SML rid}} \cdot \frac{I_b}{I_e} \cdot \left(2 - \frac{I_b}{I_e}\right). \tag{4.4}$$

Particolare attenzione deve essere posta al fatto che nella formula 4.2 e 4.3, fmk e fmtm sono riferiti ai blocchi. In sostanza la delaminazione è funzione solo delle caratteristiche dei blocchi (vedasi esempio numerico in [3] e [4]) e non dipende dalla direzione (vedasi esempio numerico in [3]. Il programma in assenza del valore fbck assume fbck=fmk; questo consente in caso di non accordo con la ns. interpretazione di implementare 4.2 e 4.3 con fmk (della muratura e non dei blocchi). Si osserva che il valore di fdd è funzione del coefficiente di sicurezza e pertanto del tipo di combinazione.

Il programma effettua le verifiche a pressoflessione nel piano, pressoflessione ortogonale e a taglio. Per le verifiche a pressoflessione il programma utilizza il comportamento per stati monoassiali come sotto riportato, pertanto non utilizza lo stress-block e non riduce la tensione di progetto dello 0.85

Nella maggior parte delle applicazioni ingegneristiche, il comportamento della muratura, per stati tensionali monoassiali, può essere schematizzato più semplicemente come di seguito specificato:

- trazione: resistenza nulla;
- compressione: comportamento lineare con coefficiente angolare pari al modulo di elasticità normale secante della muratura fino alla resistenza di progetto, f_{md}, cui compete il valore ε_m della deformazione: tensione costante, pari ad f_{md}, per deformazioni comprese nell'intervallo ε_m ≤ ε ≤ ε_{mn}; tensione nulla per deformazioni maggiori di ε_{mn}.

In assenza di dati sperimentali la deformazione ultima di progetto da considerare per la muratura, ε_{mu} , può essere assunta pari a 0.0035.

Per le fasce di piano (nelle verifiche a flessione) :

- fmk viene sostituita da fmhk.
- Il modulo elastico viene ridotto proporzionalmente

Per quanto concerne la verifica a taglio si opera in totale analogia con il 4.4.1.2.2 [1]

$$V_{\text{Rd}} = \min \left\{ V_{\text{Rdm}} + V_{\text{Rdf}}, V_{\text{Rdmx}} \right\}. \tag{4.15}$$

Nel caso in cui il rinforzo a taglio sia disposto parallelamente ai corsi di malta, i contributi sopra definiti possono essere valutati come segne:

$$V_{\text{Rd,m}} = \frac{1}{\gamma_{\text{Rd}}} \cdot d \cdot \iota \cdot f_{\text{vd}}, \qquad (4.16)$$

$$V_{\text{RAT}} = \frac{1}{\gamma_{\text{RA}}} \cdot \frac{0.6 \cdot d \cdot A_{\text{fw}} \cdot f_{\text{fd}}}{p_{\text{f}}}, \qquad (4.17)$$

$$V_{\rm Rd,max} = 0.3 \cdot f_{\rm md}^{\rm h} \cdot t \cdot d , \qquad (4.18)$$

Il parametro d (distanza tra il lembo compresso e il baricentro del rinforzo a flessione) viene calcolato dal programma per flessione semplice. Fvd viene calcolato considerando la tensione di compressione media su d in analogia alle murature armate.

Per il confinamento il programma opera come indicato in 4.6 utilizzando fasciature.

[1] Consiglio Superiore LL.PP. "Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP"

[2] CNR-DT 200/2004 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati - Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie"

[3] CNR-DT 200 R1/2012 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati - Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie"

[4] Prof. Benedetti "Rinforzo di Strutture Murarie"

PRO_SAP: definizione dei rinforzi ed assegnazione agli elementi strutturali

Iniezioni di miscele leganti, intonaco armato e diatoni artificiali

In *PRO_SAP* per definire un intervento con iniezioni di miscele leganti, intonaco armato oppure diatoni artificiali è necessario agire nell'archivio dei materiali.

Se in *Preferenze* ► *Normative* è stata attivata l'opzione per le verifiche degli edifici esistenti nelle proprietà dei materiali tipo muratura è presente l'opzione *Muratura consolidata*. Attivando questa opzione e cliccando su *Imposta* è possibile indicare il tipo di intervento che si desidera eseguire:

isle comente			
nishing E = 3,400s-04			
lefterariorne persperantit renationalie (ijoji teoratoira		×
Stringa identificativa	Laterizi pierri o	oe malta M15 🔺	
Resistanze			
Resistance f	82.0 (daN/cm	41	
Resistenza fv0	3.0 (daN/cm2		
Resistenza fili	40.0 (daN/cm	21	
Resistenza fib	150.0 [daN/o	m21	
Elasto-plastico			
Musatura consolidata			
Tecnica di intervento	Imposta		
reunous in pertane disordinata (clobal, piètre emittie e tregoleri) Muratura e condistocuril, con peraimento d'ilmitato spessore e nucleo interno		Planitara originale con malta di baore carattelistiche Planitare originale con malta di soaderi constituitiche	t
 Munitura in pietre a space investura 	co con bearier	Consolidamento con intosaco armato	Abi viervent di canadidamento
 Maratura a condi di pixtira calcorenite, etc.) 	tenera (tufo,	Produce organize consta di una puone consessione travensale Produce organize dotata di scarse o ni	Compositi Ebrorieforzati C Tirzetature metalliche diffuse
(*** Maratura a blocchi lepide	tobuça	 consentante travenular (~ Pluraturo originale dotata di scarsa a m 	da Schema applicatione:
C Nuratura in matteri preni	e mata di calce	consolidamento	(1) Fibroditifacto 1



La finestra è disponibile solo se è stato indicato che il materiale è esistente

La finestra del programma ripercorre pedisseguamente la tabella C8.5.II della circolare 7/2019. È sufficiente indicare il tipo di muratura in esame ed il tipo di rinforzo che si intende eseguire. L'incremento in termini di rigidezza e di resistenza è determinato automaticamente dal programma facendo riferimento alla tabella della normativa.

Il programma dà comunque la possibilità, qualora il progettista lo ritenga opportuno, di specificare dei coefficienti correttivi diversi da quelli indicati dalla tabella della circolare. Qualora il progettista decida di utilizzare valori dei coefficienti correttivi diversi da quelli proposti dalla circolare, i valori da utente vanno specificati all'interno della cornice Incremento conseguibile.



Questi interventi vanno a modificare la rigidezza degli elementi strutturali. Di conseguenza non è possibile studiare l'ante operam ed il post operam sullo stesso modello di calcolo perché tra le due fasi cambiano le sollecitazioni sugli elementi strutturali.

La procedura per applicare un rinforzo ad un maschio murario o ad una trave in muratura è la seguente:

- 1. Accedere all'archivio dei materiali
- 2. Fare una copia del materiale assegnato agli elementi strutturali
- 3. Nelle proprietà della copia del materiale attivare l'opzione Muratura consolidata
- 4. Cliccare su Imposta per accedere alla finestra Intervento di consolidamento
- 5. Selezionare l'intervento che si vuole eseguire oppure specificare manualmente i coefficienti correttivi
- 6. Cliccare prima su Ok e poi su Applica per confermare le modifiche alle proprietà del materiale
- 7. Assegnare il materiale consolidato agli elementi strutturali che si desidera rinforzare

Sugli elementi rinforzati comparirà un tratteggio per indicare che è stato applicato un intervento di rinforzo:





Si suppone che nella struttura reale questo tipo di rinforzi vengano eseguiti su tutto il maschio murario o su tutta la fascia di piano. Di conseguenza in PRO_SAP il materiale rinforzato va assegnato a tutto il macroelemento. Nel caso questo non fosse fatto nel modello verrebbero a crearsi due distinti macroelementi perché ci sarebbero due materiali diversi: quello di base e quello rinforzato (il che sarebbe equivalente a dire che nella struttura reale ci sono due maschi murari o due travi di collegamento distinte)

Compositi fibrorinforzati

In PRO_SAP per definire un intervento con FRP è necessario definire un archivio dei fibrorinforzi. È possibile accedere all'archivio con Dati struttura ► Interventi di consolidamento ► Rinforzi FRP muratura

3 90	14	Spess:	IE.	eps r %	eps;0%	Tipe a	Esposi	FIDIA	619.18	Lungh	Diarg.	Opas_	V-Seg	V pasa	IV area	Vote:	Usop	1(1923
. Her	P_Carbo	0.40	24002.	1.90	0.00	abo A	mena	Carbo	2.04	9.00	200.00	300.00	200.00	40.01	200.00	100gg-	3	2016
	2001				_			2502										
			41	- 40	gung Rimus	- Revo	uoñ 📗	- Inposto Define Per l'a L'appl	cone da ensaorid polication	Hindorzo I Indoresou I e a poleti o rodene Isuae	lei compos pecificare p ritagnide le	A) La duit, Resso citzz Tacca L'à	ernallione oritole, ver	d progetti tople, larg	n comula Notico entre e applicata	vere dell foto conc selle due r	nta in auto entrola esteratia	eutoo
				40	awnar Riimua gatte	Rim el tutto Son	uori 	hipotta Dofini Per 1 a L'appl Par gli Fiscal	pone da or vaori d policazior cadiorei a sterrenti p pici applic	underzo Interesso i e a poteti o rolarne su e Nastro spor Alterne Turre	let compos profilozne p ritugrabe le Ricipto de 1 de 4 2 n 4	80 La dell Istra della facta L'a Composito S linea gia	matione ontele ver na concet na applich la CSLLP	d progette topie, larg trata vien in pralog	o se nulla. Recco e ni e applicata la allo pare	viene Gill Kotti conc gelle due t 5 o come	nita in auto entroti, estrenită, confiniame	watuo nta
				_40 	gung Rimas ggrite	Rev et tuffs Sich	uni ine	hipotte Dotinio Per La Crappi Par gi Eseng Taxon Trai	gone dy n van d pploapor hater e a werent p po applo feres	110/0720 I eldenoso i e a potetti o milere ilune alastito spor idonte ilune genuta M	lei compos pecificares ritardes le Ricare se i de 4 2 e 4 Ar of	80 La dell resso olizz facte L'a composito 3 linee gat romagio- tinate La	miktione ontole ver si applich te CSLLP Tenaco Phi	d progetti tobe larg toda ven in pracog p ne	o se multa herze e ni e applicata la allo pare Diletactorie Epsito %	vere dati foto dati dati dati fi o come i	rda in auto entroto esteratia confiniaria	mataoa nta

Ogni fibrorinforzo è caratterizzato da:

- ID: numero identificativo del fibrorinforzo
- Sigla: nome del fibrorinforzo
- Spessore: spessore della fibra, espresso in mm
- E: modulo di elasticità della fibra, espresso in N/mmq
- eps s%: deformazione di rottura
- eps d%: deformazione di progetto. Se si assegna 0, viene calcolata in automatico dal programma
- Tipo applicazione: è possibile specificare se di tipo A o tipo B (tabella 2-1 linee guida)
- Esposizione: è possibile specificare interna, esterna o aggressiva (tabella 2-3 linee guida)
- Tipo di fibra: è possibile specificare vetro, arammidica, carbonio o altro tipo
- eta a: calcolato in automatico (tabella 2-3 linee guida), ma personalizzabile dall'utente
- Lunghezza ancoraggio: ancoraggio della fibra. Se si assegna 0 il programma considera che sia garantita la lunghezza di ancoraggio ottimale
- Larghezza fasce D3: larghezza fascia orizzontale, espressa in mm (vedi figura sotto)
- Passo fasce D3: passo fascia orizzontale, espresso in mm (vedi figura sotto)
- V Larghezza fasce D3: larghezza fascia verticale, espressa in mm (vedi figura sotto)
- *V passo fasce D3*: passo fascia verticale, espresso in mm (vedi figura sotto)
- *V area concentrata*: area concentrata verticale, espressa in mmq (vedi figura sotto)
- V offset concentrata: distanza dell'area concentrata dal bordo, espressa in mm (vedi figura sotto)
- Uso per confinamento: solo per pilastri in muratura modellati con elementi D2
- r raggio confinamento: raggio di curvatura degli spigoli degli elementi D2, valore espresso in mm



Il programma, in accordo con le CNR-DT 200, assume quanto segue:

- Il rinforzo è sempre simmetrico
- lo spessore è lo stesso per entrambe le direzioni
- Se larghezza e passo della fascia verticale oppure orizzontale sono entrambi nulli la fascia non è presente
- Se la larghezza della fascia è uguale al passo, oppure se uno dei due valori è nullo la fascia ricopre l'intera parete
- l'area concentrata può o meno essere nulla
- Per i pilastri in muratura modellati con elementi d2, se è attiva l'opzione *uso per confinamento* al fine del confinamento lavorano solo le fasce orizzontali

- Se la lunghezza di ancoraggio *Le* è zero il programma assume che sia garantita la lunghezza di ancoraggio ottimale (formula 4.2 delle linee guida)
- Se la deformazione di progetto è impostata pari a zero il programma la calcola con la formula 4.1 delle linee guida. Se l'utente specifica un valore manualmente il programma usa nei calcoli il valore assegnato dall'utente

La cornice *Impostazioni dati di rinforzo* serve per un calcolo rapido della lunghezza di ancoraggio ottimale, la tensione di progetto e la deformazione di progetto del fibrorinforzo.

È sufficiente cliccare sull'*ID* del fibrorinforzo di interesse, assegnare i valori della resistenza a compressione caratteristica del blocco (*fmk*), il coefficiente di sicurezza sul materiale (*gammaM*) e cliccare il pulsante *Aggiorna*. Verranno mostrate in automatico *Le*, *Ffd* e *Epsfd%* ottimali.



I dati nella cornice *Impostazione del rinforzo* non sono una verifica e non riguardano gli elementi presenti nel modello di calcolo. Servono solamente a controllare se i dati del rinforzo sono stati inseriti correttamente.

I comandi *Leggi file* e *Scrivi file* consentono rispettivamente di leggere e scrivere dati da un file con estensione .csv



Questi interventi non vanno a modificare la rigidezza degli elementi strutturali. Di conseguenza è possibile studiare l'ante operam ed il post operam sullo stesso modello di calcolo.

La procedura per applicare un rinforzo ad un maschio murario o ad una trave in muratura è la seguente:

- 1. Accedere all'archivio dei rinforzi
- 2. Definire le caratteristiche dei rinforzi
- 3. Accedere all'archivio dei materiali
- 4. Fare una copia del materiale assegnato agli elementi strutturali
- 5. Nelle proprietà della copia del materiale attivare l'opzione Muratura consolidata
- 6. Cliccare su Imposta per accedere alla finestra Intervento di consolidamento
- 7. Nella cornice *Altri interventi di consolidamento* selezionare il tipo di FRP che si vuole applicare agli elementi strutturali
- 8. Cliccare prima su Ok e poi su Applica per confermare le modifiche alle proprietà del materiale
- 9. Se necessario applicare rinforzi di diverso tipo è necessario creare ulteriori copie del materiale
- (ripetere le operazinoi da 4 a 8 per ognuno dei rinforzi che si vogliono applicare alla struttura)
- 10. Assegnare il materiale consolidato agli elementi strutturali che si desidera rinforzare

Sugli elementi rinforzati comparirà un tratteggio per indicare che sono stati applicati dei fibrorinforzi:





Si suppone che nella struttura reale questo tipo di rinforzi vengano eseguiti su tutto il maschio murario o su tutta la fascia di piano. Di conseguenza in PRO SAP il materiale rinforzato va assegnato a tutto il macroelemento. Nel caso questo non fosse fatto nel modello verrebbero a crearsi due distinti macroelementi perché ci sarebbero due materiali diversi: quello di base e quello rinforzato (il che sarebbe equivalente a dire che nella struttura reale ci sono due maschi murari o due travi di collegamento distinte)

Verifiche degli elementi strutturali con assegnati dei rinforzi

ELEMENTI RINFORZATI CON INIEZIONI DI MISCELE LEGANTI, INTONACO ARMATO O DIATONI ARTIFICIALI

Le verifiche degli elementi rinforzati con iniezioni di miscele leganti, intonaco armato o diatoni artificiali sono le stesse previste per gli edifici nuovi. In PRO_SAP i comandi da utilizzare per il controllo dei risultati sono gli stessi descritti nei paragrafi precedenti per gli edifici nuovi. Di conseguenza, per brevità, si omette la descrizione.

L'unica differenza consiste nell'applicazione del fattore di confidenza alle proprietà del materiale.

Inoltre può essere diverso il calcolo della resistenza a taglio dei maschi murari a seconda che sia attiva o meno l'opzione Usa formula 7.8.3 nei criteri di progetto.

ELEMENTI RINFORZATI CON FRP

La resistenza a taglio di un maschio murario rinforzato con FRP viene calcolata con la formula 5.20 delle CRN-DT200. Questa formula si basa sulla formula 7.8.3 del D.M.2018 che viene opportunamente corretta per tenere conto della presenza delle fibre. Per questa ragione, quando si interviene con gli FRP, si consiglia di attivare sempre l'opzione Usa formula 7.8.3 nei criteri di progetto della muratura, altrimenti, se l'opzione non viene attivata, le verifiche ante operam e quelle post operam non sono confrontabili.

Poiché gli FRP non vanno a modificare la rigidezza degli elementi strutturali è possibile avere nello stesso modello di calcolo le verifiche ante operam e quelle post operam.

Tutte le mappe relative alle verifiche degli elementi strutturali riportano il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza. Salvo dove espressamente indicato la verifica è da intendersi soddisfatta se il valore in mappa è <= 1.

Per il controllo dei risultati delle verifiche ante operam secondo il D.M.2018 sono disponibili i seguenti comandi:

- Stato di progetto: permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura mediante • colorazione. Lo stato di progetto tiene conto della presenza dei rinforzi. La colorazione viene attribuita nel seguente modo:
 - o colore giallo elementi non progettati
 - o colore ciano elementi progettati e verificati
 - colore rosso elementi progettati e non verificati 0
 - Colore blu elementi progettati con altro metodo o di altro materiale 0
- Verifica N-Mo (4.5.5 no sis.): verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari per i soli carichi statici senza interventi di rinforzo (formula 4.5.4 D.M.2018)
- Verifica N-Mo (7.8.2.2.3): verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari per le combinazioni con il sisma senza interventi di rinforzo (§7.8.2.2.3 D.M.2018)
- Verifica N-Mp (7.8.2.2.1): verifica a pressoflessione nel piano dei maschi murari sia per soli carichi statici che per carichi sismici senza interventi di rinforzo (§7.8.2.2.1 D.M.2018)
- Verifica V (7.8.2.2.2): verifica a taglio dei maschi murari sia per soli carichi statici che per carichi sismici senza interventi di rinforzo (§7.8.2.2.2 D.M.2018)
- Verifica V (7.8.4): verifica a taglio delle travi in muratura sia per soli carichi statici che per carichi sismici senza interventi di rinforzo (§7.8.2.2.4 D.M.2018)
- Verifica M (7.8.5): verifica a flessione delle travi in muratura sia per soli carichi statici che per carichi • sismici senza interventi di rinforzo (§7.8.2.2.4 D.M.2018)
- Verifica N-Mo (FRP 4.4.1.1.2 no sis.): verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari per i soli carichi statici per elementi con fibrorinforzi (§4.4.1.1.2 delle linee guida)
- Verifica N-Mo (FRP 4.4.1.1.2): verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari per le combinazioni con il sisma per elementi con fibrorinforzi (§4.4.1.1.2 delle linee guida)

- *Verifica N-Mp (FRP 4.4.1.2.1*): verifica a pressoflessione nel piano dei maschi murari per elementi con fibrorinforzi (§4.4.1.2.1 delle linee guida)
- Verifica V (FRP 4.4.1.2.2): verifica a taglio dei maschi murari per elementi con fibrorinforzi (§4.4.1.2.2 delle linee guida)
- Verifica V (FRP 4.4.2.2 fasce): verifica a taglio delle travi in muratura per elementi con fibrorinforzi (§4.4.2.2 delle linee guida)
- Verifica M (FRP 4.4.2.2 fasce): verifica a flessione delle travi in muratura per elementi con fibrorinforzi (§4.4.2.2 delle linee guida)
- *Snellezza*: riporta i valori della snellezza delle pareti in muratura. Se il valore della snellezza risulta superiore al limite previsto nel criterio di progetto la parete risulta non verificata
- *Eccentricità N-Mo*: riporta i valori dell'eccentricità considerando il massimo tra e1 ed e2 e dividendo il valore per lo spessore della muratura.
- Sospendi: chiude le mappe relative alle verifiche

Se la snellezza del pannello murario supera la snellezza limite le mappe di colore non sono disponibili.

Per il controllo puntuale dei risultati delle verifiche è possibile utilizzare il comando *Controlla* e cliccare sull'elemento di interesse. Questo consente di accedere alla *Finestra di controllo generale* che fornisce anche i dettagli delle verifiche.

I risultati sono diversi a seconda che l'elemento sia verificato come maschio o come fascia.

Per i maschi murari sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi e tiene conto degli interventi di rinforzo:
 - o Stato muro N-Mo: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano ai carichi statici
 - o Stato muro N-Mp sis: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano
 - Stato muro V: esito delle verifiche a taglio
 - o Stato muro N-Mo sis: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano con il sisma
 - o Snellezza: snellezza del maschio murario
- *Verifica N-Mo*: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano ai soli carichi statici senza interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Eccentricità massima diviso lo spessore della muratura
 - o Coefficiente di riduzione della resistenza del materiale (tabella 4.5.III del D.M.2018)
- *Verifica N-Mp*: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano senza interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - Tensione di compressione (sforzo normale diviso l'area della sezione del maschio)
 - Resistenza a pressoflessione (momento ultimo, formula 7.8.2 del D.M.2018)
- *Verifica sismica V*: esito delle verifiche a taglio senza interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - Tensione di compressione sull'area compressa (sforzo normale diviso l'area compressa della sezione del maschio)
 - o Lunghezza della zona compressa della sezione
- *Verifica sismica N-Mo*: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano con il sisma senza interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - Tensione di compressione sull'area compressa (sforzo normale diviso l'area compressa della sezione del maschio)
 - Lunghezza della zona compressa della sezione
- Verifica N-Mo (con frp): esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano ai soli carichi statici considerando gli interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Momento ultimo dell'elemento
 - o Deformazione della fibra
 - o Tensione nel rinforzo di frp
- *Verifica N-Mp*: esito delle verifiche a pressoflessione nel piano considerando gli interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - Momento ultimo dell'elemento
 - o Deformazione della fibra
 - Tensione nel rinforzo di frp
- *Verifica sismica V*: esito delle verifiche a taglio considerando gli interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Taglio ultimo dell'elemento
 - Deformazione della fibra
 - Tensione nel rinforzo di frp
- *Verifica sismica N-Mo*: esito delle verifiche a pressoflessione fuori dal piano con il sisma considerando gli interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - Momento ultimo dell'elemento
 - Deformazione della fibra
 - Tensione nel rinforzo di frp

Il cursore consente di controllare i risultati nei nodi dell'elemento D3.

Per le fasce di piano sono riportati i seguenti risultati:



- Stato di progetto e verifica: riporta la sintesi dello stato di verifica degli elementi:
 - Stato trave muratura M: esito delle verifiche a flessione
 - Stato trave muratura V: esito delle verifiche a taglio
- Verifica M: esito delle verifiche a flessione. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - Resistenza a flessione (momento ultimo, formula 7.8.5 del D.M.2018)
- Verifica V: esito delle verifiche a taglio. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Resistenza a taglio (formula 7.8.6 del D.M.2018)
 - Resistenza a taglio (formula 7.8.4 del D.M.2018)
- *Verifica M (con frp)*: esito delle verifiche a flessione considerando gli interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - Risultato
 - o Combinazione di calcolo più gravosa
 - o Momento ultimo dell'elemento
 - Deformazione della fibra
 - $\circ \quad \text{Tensione nel rinforzo di frp} \\$
- *Verifica sismica V*: esito delle verifiche a taglio considerando gli interventi di rinforzo. Tra i dettagli della verifica sono riportati:
 - o Risultato
 - Combinazione di calcolo più gravosa
 - Taglio ultimo dell'elemento
 - Deformazione della fibra
 - o Tensione nel rinforzo di frp

Il cursore consente di controllare i risultati nei nodi dell'elemento D3.



Non è possibile utilizzare i rinforzi con FRP nelle analisi non lineari.

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in muratura con rinforzi

Per riportare in relazione di calcolo i risultati delle verifiche degli elementi in muratura con assegnati dei rinforzi è necessario utilizzare le seguenti opzioni:

- Tecniche di rinforzo: riporta in relazione le caratteristiche del rinforzo assegnato agli elementi strutturali
- Verifiche muratura: riporta in relazione i risultati delle verifiche

Verifica di edifici esistenti misti in muratura e cemento armato

Per le strutture miste in muratura e cemento armato la normativa impone l'analisi non lineare come unico metodo di verifica. Si veda il §8.7.3 del D.M.2018

PRO_SAP consente eseguire analisi non lineari su strutture miste. Per la parte in c.a. è necessario importare la capacità degli elementi d2 da un modello sorgente così come descritto nel paragrafo *Verifica degli edifici esistenti in c.a.* Per la parte in muratura invece la modellazione va fatta con il metodo del telaio equivalente, così come descritto nel paragrafo *Verifica degli edifici esistenti in muratura*.

La circolare 7/2019 al §C8.7.3 chiarisce che non è necessario eseguire l'analisi non lineare per strutture miste in muratura e cemento armato se è possibile considerare che una delle due tecnologie sia secondaria e che non porti il sisma.

Se il progettista ritiene che ci siano le condizioni per poter fare tale ipotesi allora in PRO_SAP è possibile procedere in questo modo:

- *Elementi in c.a. secondari*: per considerare secondari gli elementi in c.a. si suggerisce di modellare i pilastri in c.a. con elementi finiti tipo asta in modo che portino solamente i carichi verticali e non il sisma. La parte in muratura si può modellare con gli elementi shell.
- *Elementi in muratura secondari*: per considerare secondari gli elementi in muratura si suggerisce di modellare la muratura con il metodo del telaio equivalente e di modellare i pilastri con elementi finiti tipo asta in modo che portino solamente i carichi verticali e non il sisma.

Verifica di edifici esistenti in acciaio

Proprietà dei materiali

Nel caso si voglia verificare un edificio esistente in acciaio è necessario indicare nell'archivio dei materiali che si tratta di un materiale esistente.

A questo punto il programma chiede se si vuole la conversione automatica dei parametri da valori caratteristici a valori medi o se si intende modificare i parametri manualmente:



I parametri richiesti per la definizione di un materiale tipo acciaio esistente sono gli stessi richiesti per un materiale tipo cemento armato nuovi. Per brevità se ne omette la descrizione e si rimanda al capitolo 10. Le differenze tra un materiale nuovo ed un materiale esistente principalmente due: come già accennato i valori della resistenza sono medi, non caratteristici. Inoltre per i materiali esistenti è richiesto di specificare il valore del fattore di confidenza FC:

atex ale comunity				
ocialo Fe438 - S	1270	1205-20-20		
Copia	Definizione proprietà materiale Stenna internitivative	tipo acteio		
	Generalità	-/	-	
Applea	Materials existents	17		-
	Eathpre di confidenza FC m	0.0		~ /
	E Resistenze			
	Tensione ftm	4300.0 (daN/cm21	125	
	Tensione frm	2750.0 [daN/cm2]		
	Resistenza fd	2750.0 [daN/cm2]		
	Resistenza td (>40)	2500.0 [daN/cm2]		~
	Tensione ammissibile	1900.0 [daN/om2]		
	Tensione ammissibile (>40)	1700.0 [dah/cm2]		
	Elasto-plastico per aste n.	-	_	
	🗐 Proprietà			
	Peso specifico	7.8500e-03 (daN/cm3)		
	Dilatazione termica	1.0000e-05 (1/C)		
	Smortamento	5.0		
	😑 Costanti elastiche		+	
	Strings Identification			



È possibile specificare il valore di FC sia nelle proprietà del materiale, se il materiale è esistente, sia al passo I dei casi di carico sismici. Se vengono specificati entrambi i valori viene utilizzato

quello indicato nell'archivio dei materiali. Se invece nell'archivio dei materiali si lascia il valore zero viene utilizzato FC specificato al passo I dei casi di carico sismici. Questo permette di considerare per uno specifico materiale un valore di FC diverso da quello assegnato al resto della struttura. È utile per esempio se per uno specifico materiale o per una specifica parte della struttura sono state fatte più prove che per gli altri materiali o per gli altri elementi strutturali.

Metodi di verifica per strutture esistenti in acciaio

PRO_SAP consente l'utilizzo dei seguenti metodi per le verifiche degli elementi esistenti in acciaio:

1. Verifica con l'impiego del fattore di comportamento q - analisi lineare statica o dinamica

Il riferimento normativo per questo metodo di verifica sono il §C8.7.2.2.1 ed il §C8.7.2.2.2 della circolare 7/2019.

Con questo metodo le verifiche previste per un edificio esistente sono le stesse previste per un edificio nuovo. Per brevità si omettono la descrizione delle verifiche da eseguire ed i riferimenti normativi e si rimanda al capitolo 10 del manuale.

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in acciaio

Per riportare in relazione di calcolo i risultati delle verifiche degli edifici esistenti in acciaio i comandi da utilizzare sono gli stessi che si usano nel caso di edifici nuovi.

Verifica di edifici esistenti in legno

Proprietà dei materiali

Nel caso si voglia verificare un edificio esistente in legno è necessario indicare nell'archivio dei materiali che si tratta di un materiale esistente.

A questo punto il programma chiede se si vuole la conversione automatica dei parametri da valori caratteristici a valori medi o se si intende modificare i parametri manualmente:



I parametri richiesti per la definizione di un materiale tipo legno esistente sono gli stessi richiesti per un materiale tipo cemento armato nuovi. Per brevità se ne omette la descrizione e si rimanda al capitolo 13. Le differenze tra un materiale nuovo ed un materiale esistente principalmente due: come già accennato i valori della resistenza sono medi, non caratteristici. Inoltre per i materiali esistenti è richiesto di specificare il valore del fattore di confidenza FC:

WHEN PERSON AND A			
Legno massicolo CD4He egno E = 1 100e+05	po E = 1.155e+05 Definizione proprietà materiale	tipo legno	
	Stringa identificativa	Legno massiccio C24-legno 🗉 🔺	
Vipis	🖂 Generalità	Name and a state of the state	
envira 1 de	V Materiale existente		
199104	Fattose di confidenza FC m	0.0	States at
	Resistenze		Seales South
	Resistenza fc0m	210.0 [daN/cm2]	
	Resistenza ft0m	145.0 [daN/cm2]	
	Resistenza fmm	240.0 [dsN/cm2]	and the second s
	Resistenza fvm	40.0 [daN/cm2]	
	Elasto-plastico per aste n.		
	Lamellare		
	🚍 Proprietà		
	Peso spedfico	3.5000e-04 [daN/cm3]	
	Dilatazione termica	0.0 [1/C]	
	Dilatazione termica 2	0.0 (1/C)	
	Dilatazione termica 3	0.0 [1/C]	



È possibile specificare il valore di FC sia nelle proprietà del materiale, se il materiale è esistente, sia al passo I dei casi di carico sismici. Se vengono specificati entrambi i valori viene utilizzato

quello indicato nell'archivio dei materiali. Se invece nell'archivio dei materiali si lascia il valore zero viene utilizzato FC specificato al passo I dei casi di carico sismici. Questo permette di considerare per uno specifico materiale un valore di FC diverso da quello assegnato al resto della struttura. È utile per esempio se per uno specifico materiale o per una specifica parte della struttura sono state fatte più prove che per gli altri materiali o per gli altri elementi strutturali.

Metodi di verifica per strutture esistenti in legno

PRO SAP consente l'utilizzo dei seguenti metodi per le verifiche degli elementi esistenti in legno:

1. Verifica con l'impiego del fattore di comportamento q - analisi lineare statica o dinamica

Con questo metodo le verifiche previste per un edificio esistente sono le stesse previste per un edificio nuovo. Per brevità si omettono la descrizione delle verifiche da eseguire ed i riferimenti normativi e si rimanda al capitolo 13 del manuale.

Stampa della relazione di calcolo per strutture esistenti in legno

Per riportare in relazione di calcolo i risultati delle verifiche degli edifici esistenti in legno i comandi da utilizzare sono gli stessi che si usano nel caso di edifici nuovi.

Gestione di materiali nuovi ed esistenti nello stesso modello di calcolo

PRO_SAP consente di gestire materiali nuovi ed esistenti nello stesso modello di calcolo. Questo è utile nel caso di sopraelevazioni od interventi di miglioramento o adeguamento su edifici esistenti che prevedono l'introduzione di nuovi elementi strutturali.

Per definire i materiali esistenti è necessario attivare l'opzione *Materiale esistente* all'interno dell'archivio dei materiali. Inoltre è necessario specificare il valore del fattore di confidenza. Per i materiali nuovi invece l'opzione *Materiale esistente* deve essere spenta. Per i materiali nuovi sono richiesti valori caratteristici della resistenza, per i materiali esistenti sono richiesti valori medi.

La modellazione e le analisi vanno fatte come di consueto.

La procedura per eseguire le verifiche è la seguente:

- 1. Eseguire le analisi
- 2. Controllare i risultati delle analisi
- 3. Se sono presenti elementi esistenti in c.a. definire le armature tramite gli schemi di armatura ed utilizzare il comando *Verifica schemi* per leggere le armature eseguire
- 4. Selezionare tutti gli elementi esistenti. Può essere comodo utilizzare il comando Seleziona con proprietà ed usare il materiale assegnato agli elementi strutturali come filtro
- 5. Usare il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Verifica edificio esistente* per eseguire le verifiche della parte esistente
- 6. Selezionare tutti gli elementi nuovi. Può essere comodo utilizzare il comando Seleziona con proprietà ed usare il materiale assegnato agli elementi strutturali come filtro
- 7. Usare il comando *Contesto* ► *Esecuzione progettazione* ► *Stati limite* per eseguire la progettazione della parte nuova



Non è possibile eseguire le verifiche se sono selezionati contemporaneamente elementi che hanno assegnato un materiale nuovo ed elementi che hanno assegnato un materiale esistente.

Calcolo del fattore di accelerazione (alfa) per cui un edificio risulta verificato

Con PRO_SAP è possibile calcolare automaticamente la PGA per cui l'edificio risulta verificato (con PGA si intende ag*S).

Metodi di analisi lineare

Nel caso si facciano analisi lineari è possibile utilizzare la **Scansione automatica** per individuare il livello di sicurezza per esistenti. È possibile impostare la scansione automatica con il comando *Preferenze* ► *normative*. Nella finestra *Normative in uso* è necessario usare il comando *Avanzate* presente nella cornice *Sismica* per aprire la finestra che consente di impostare la scansione automatica:

				Controllo dello stato - re	eport
ŧ.	Non	withe in uso	101	Esecuzione delle verifiche richieste in corso Verifiche per 0.10 ag in corso Verifica nodi in corso	
at (8) = 4 -	Connects ansats Accesso Ø 0 M, 2008 Ø 0 M, 2008 C 0 M, 56 C 0 M, 2008 C 0 M, 56 C 0 M, 2008 C 8C 2 0.00 C MO 318 C ASSCLEPD	C EC S	Камаа ★ 0.м. 2008 Г 0.н. 80 Г 0.н. 2005	Verifiche per 0.20 ag in corso Verifiche per 0.30 ag in corso Verifiche per 0.30 ag in corso Verifiche nod in corso Il programma ha rilevato la presenza di elementi D2 non verificati !!! Verifiche per 0.40 ag in corso Verifiche nod in corso Il programma ha rilevato la presenza di elementi D2 non verificati !!! Verifiche per 0.40 en consenza di elementi D2 non verificati !!!	
11	C BS B10 Availate. Available.	Scansio	ne valori PGA	Verifica nodi in corso Verifica nodi in corso Il programma ha rilevato la presenza di elementi D2 non verificati !!! Verifiche per 0.60 ag in corso Verifica nodi in corso	
ec at a si si si si si si si si si si si si si	Tionica C D.M 99 C ECB C Dideavon 2276 C D.M 2005 S D.M 2000 Wellche minicheper polisie minicheper Avanuale.	Valoe initiale scansione Valoe (note scansione Plumera acanalosi Can'i valoi asempio vere intervaloi (10) a	01 ap (n: 0.1) 10 30 (n: 1.2) 10 ± (n: 1.2)	II programma ha nilevato la presenza di elementi D2 non verificati !!! Verifiche per 0.70 ag in corso II programma ha nilevato la presenza di elementi D2 non verificati !!! Verifiche per 0.80 ag in corso II programma ha nilevato la presenza di elementi D2 non verificati !!! Verifiche per 0.90 ag in corso Verifica nodi in corso Verifica nodi in corso Verifica nodi in corso	
3 61 62 63			at denate 1	Verifiche per 1.0U ag in corso Verifica nodi in corso Il programma ha rilevato la presenza di elementi D2 non verificati !!! Verifica nodi in corso Processo completato !	

I dati richiesti sono i seguenti:

- Usa scansione automatica: attiva la scansione automatica
- Valore iniziale scansione: la percentuale di ag più bassa a cui eseguire le verifiche (per esempio se si imposta 0.1 il programma eseguirà le verifiche al 10% di ag)
- Valore finale scansione: la percentuale di ag più alta a cui eseguire le verifiche (per esempio se si imposta 1.0 il programma eseguirà le verifiche al 100% di ag)
- *Numero scansioni*: il numero di step in cui dividere l'intervallo tra il valore iniziale ed il valore finale della scansione

Con riferimento all'immagine sopra, ad esempio, verranno eseguite le verifiche dieci volte con ag variabile tra 0.1 (10% azione sismica) e 1 (100% azione sismica)



Nella finestra *Normative in uso* il comando *Avanzate* è disponibile solamente se nell'archivio dei materiali è stato definito almeno un materiale con attiva l'opzione *materiale esistente*.

La scansione automatica richiede di eseguire le verifiche N volte (una volta per ogni step che l'utente ha indicato di considerare), per questo motivo le verifiche con questo metodo possono richiedere diverso tempo.

Una volta eseguite le verifiche si possono controllare i risultati della scansione automatica con i seguenti comandi:

- 1. attivare il comando Sismica Esist.
- 2. con le frecce cercare lo step con la ag più bassa
- 3. controllare i risultati delle singole verifiche
- 4. se tutte le verifiche richieste dalla norma sono soddisfatte passare allo step con la ag maggiore e ripetere il controllo
- 5. continuare ad aumentare ag fino a quando non va in crisi il primo elemento strutturale (indipendentemente dalla verifica che non torna)
- 6. L'azione sismica che la struttura è in grado di portare è quella relativa allo step della scansione per cui tutte le verifiche sono soddisfatte. Per esempio se la struttura è completamente verificata allo step 0.4 significa che porta un'accelerazione pari al 40% di quella prevista per un edificio nuovo



È importante notare che:

- La scansione automatica funziona su qualsiasi tipo di struttura e nel caso del c.a. sia con il metodo del fattore di comportamento q che con il metodo dello spettro elastico
- La scansione automatica ha effetto solo sulle MAPPE DI COLORE. Lo stato di progetto non cambia ai vari step della scansione automatica, è riferito sempre al 100% di ag. Per verificare qual è la PGA della struttura bisogna controllare i risultati delle singole verifiche previste dalla norma.
- Lo stato di progetto dipende dalla ag della zona sismica.
- In relazione vengono stampate le verifiche relative all'accelerazione intera del sito (100% ag).

Nel caso si vogliano riportare in relazione le verifiche corrispondenti all'accelerazione per cui la struttura risulta completamente verificata si può usare questa procedura:

- 1. Utilizzare il comando *Preferenze* ► *normative* e disattivare la scansione automatica
- 2. Tornare nel contesto di Assegnazione carichi
- 3. Usare il comando Dati di carico ► Casi di carico sismici
- 4. Al passo I dei casi di carico sismici usare il comando Pericolosità sismica
- 5. Alla voce *Livello di sicurezza per esistenti* impostare la percentuale di ag per cui tutte le verifiche risultano soddisfatte e cliccare su *Calcola*. Questo ricalcola lo spettro trovando uno spettro per cui ag*S è la percentuale indicata in *Livello di sicurezza per esistenti* rispetto a quello previsto per una struttura nuova
- 6. Rieseguire l'analisi e le verifiche
- 7. Stampare la relazione di calcolo

È importante notare che:

- Lo spettro non è lineare.
- La normativa impone di non considerare un sisma con periodo di ritorno inferiore ai 30 anni.

La scansione automatica non tiene conto di queste due cose, è un metodo semplificato che consente di ottenere un risultato in tempi relativamente brevi, senza dover fare più volte l'analisi della struttura. Per questo motivo per strutture che hanno periodi bassi o per i primi step della scansione automatica è possibile che ci siano delle differenze tra i risultati della scansione automatica e quelli rigorosi che si ottengono scalando lo spettro. I risultati più corretti sono quelli che si ottengono scalando lo spettro.

Se l'utente lo ritiene opportuno PRO_SAP consente di rimuovere i limiti da normativa usando il comando *Rimuovi limiti Vr e Tr.* Con questo comando il periodo di ritorno può essere inferiore ai 30 anni e per i primi step i risultati della scansione automatica dovrebbero essere più simili a quelli rigorosi che si ottengono scalando lo spettro.

the born and	Vertici delle m Id nodo	Longitudina	Lattud	ne i	Distanza film
ALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA	28511	12.416	41.88	0	5.694
272-2 2.000 0.0000	28512	12,483	41.88	0	1.664
aors-a.100	28290	12.462	41.93	0	3.879
C CAS assess	28289	12.415	41,93	0	0,751
0.115-0.280	Coordinate ge	ografiche	1		
0.335-0.330	Località	ROMA (RM)			Trova
000 0-111 - 0 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10	Longitudine	12.4820 Lat	tudine: 4	1.8950	Applica
	- Darametri ner	ia forma mettrali	- 20		-
0.450-0.200	Pype	Tr	au (o)	Fo	T*c
100	SLD 81	30	0.041	2.540	0.250
	SLD 63	50	0.052	2.51.0	0.270
ei limiti per Vr e Trinon e consentita. 14.3 del DM08 e relativa circolare.	SLV 10	475	0.110	2.640	0.300
	SLC 5	975	0.136	2.050	0.310
	Periodo di rit	ferimento per l'az	ione sismk	2	- 01
OK	Vita Vn (anni)	Coefficiente uso Cu	Perios [anni]	to Vr LIV	rello di sicurez r esistenti %
H.N.	50	1	50		100
E 10 20 m			10.00		I CONCERNE.
	 Rimuovi II 	miti Vr e Tr (di no	rma NO,	Reset	Calcola

Il programma avvisa che rimuovere i limiti non è previsto dalla norma:

Il fattore di accelerazione è definito come il rapporto tra l'accelerazione al suolo che porta al raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita (**aSLV**) e quella corrispondente al periodo di ritorno di riferimento (**ag,SLV**). Questo dato coincide con la percentuale inserita in *Livello di sicurezza per esistenti*. Ad esempio se con il 40% dell'azione l'edificio risulta verificato \rightarrow **fa,SLV** = 0,4

Tabella 2.5 - definizione del fattore di accelerazione

Il fattore di accelerazione ($f_{a,SLV}$) è definito dal rapporto tra l'accelerazione al suolo che porta al raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita (a_{SLV}) e quella corrispondente al periodo di ritorno di riferimento ($a_{g,SLV}$), entrambe riferite alla categoria di sottosuolo A:

$$f_{a,SLV} = \frac{a_{SLV}}{a_{g,SLV}}$$

determinato con modelli meccanici anche semplificati. Per le murature si può far riferimento ai modelli LV1 proposti nella D.P.C.M. 9 febbraio 2011 - "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008" (equazione 2.5 e paragrafo 5.4.2); per il c.a. ci si può riferire a modelli analoghi.

Analisi non lineare

Nel caso delle analisi non lineari per trovare la ag per cui tutte le verifiche sono soddisfatte è necessario utilizzare il comando *Setta d* e successivamente *Modifica accelerazione* per calare la domanda.

Nel caso di strutture in cemento armato devono tornare anche tutte le verifiche fragili.

La procedura è quella descritta ai paragrafi precedenti, per ulteriori informazioni si rimanda quindi ai paragrafi relativi alle analisi non lineari su strutture in muratura ed a quelli relativi alle analisi non lineari su strutture in c.a.

Compilazione delle schede della protezione civile

Le verifiche proposte dalle Regioni hanno lo scopo di individuare quale sia l'accelerazione che la struttura è in grado di sopportare. Fondamentale, quando si eseguono delle analisi lineari, è che la struttura abbia riserve di resistenza e deformabilità da mettere in gioco durante l'evento sismico.

Se la struttura non risulta verificata secondo i carichi gravitazionali non ha la capacità di sopportare l'azione sismica, la PGA è zero.

Applicazione ad un edificio in muratura - Analisi lineare

Una volta eseguite le verifiche in SLU, SLV e, se richiesto dalla normativa, in SLD ed ottenuti i risultati è possibile procedere con la compilazione delle schede della protezione civile. Le parti relative alle strutture in muratura sono riportate nell'immagine seguente:



		5
		Capacità limite fordazioni
A	THELE	
в	TROLY	
С	TRISLD	
D	TRISLO	1.11.1.1.1

verifica non risulta soddisfatta, agendo sulla casella "Livello di sicurezza per edifici esistenti" e riducendo il valore dell'azione sismica finché le verifiche non tornano.

A questo punto è possibile leggere i valori dei Tempi di Ritorno e di accelerazione da inserire nella casella.

CAPACITA' DELLE FONDAZIONI

Per ottenere il valore della capacità limite delle fondazioni è necessario realizzare un modello in cui sono presenti le fondazioni e confrontare i risultati delle **pressioni sul terreno** allo SLV e allor SLO con i valori limite forniti dalla relazione geologica o, in alternativa, effettuare le verifiche sul terreno con il modulo **PRO_SAP verifiche geotecniche**.

Se le verifiche risultano soddisfatte allora il valore della PGA e del TR sono quelli del sito.

Se le verifiche non risultano soddisfatte è necessario ridurre l'azione finché la



		6
		Deformazione uttima nel piano
A	T _{n,suc}	
в	THUSLY	
С	TRIAD	
D	Teso	1

Deformazione ultima nel piano

Per questa verifica è necessario disaccoppiare le direzioni x e y con la seguente procedura:

- Andare nel contesto di Visualizzazione risultati
- Rendere visibili solo i muri paralleli all'asse x ed i relativi nodi
- Controllare il valore della traslazione x indotta dal sisma x
- Confrontare il valore della traslazione con il parametro riportato al §7.8.2.2.1 (1.0% dell'altezza del pannello)

NOTA: in assenza di riferimenti più accurati si può considerare il valore 1.0% individuato nel §7.8.2.2.1 del D.M.2018. Se necessario eseguire anche le verifiche in SLD si può fare riferimento allo 0.3% della formula 7.3.14 del D.M.2018. Il progettista ha la possibilità di identificare il valore più opportuno.

Se le verifiche non risultano soddisfatte è necessario ridurre l'azione sismica agendo sulla casella "Livello di sicurezza per edifici esistenti" e riducendo il valore della PGA finché le verifiche non tornano (si veda

immagine nel paragrafo precedente). A questo punto è possibile leggere i valori dei Tempi di Ritorno e di accelerazione da inserire nella casella.

		- T
		Resistenza fuori piano di un parmeto
A	TRRC	
в	TRALY	
С	Texe	
D	Testo	

Resistenza fuori piano di un pannello

Per questa verifica è necessario controllare che la verifica di pressoflessione ortogonale al piano N/Mo sia <1.

Si esegua la procedura descritta nel paragrafo "Calcolo del fattore di accelerazione (alfa) per cui un edificio risulta verificato partendo" per identificare il livello di sicurezza per cui la verifica N/Mo sismica torna soddisfatta.

I valori di accelerazione sismica e periodo di ritorno sono disponibili nella finestra "Valutazione della pericolosità sismica".

		, 18 <u>,</u>
		Resistenza nel piano di un parmelto
A	TRISLC	
8	TAJOLY	
c	Taso	
D	TRALO	

Resistenza nel piano di un pannello

Per questa verifica è necessario controllare che le verifiche di pressoflessione nel piano N/Mp e taglio V siano entrambe <1

Si esegua la procedura descritta nel paragrafo "Calcolo del fattore di accelerazione (alfa) per cui un edificio risulta verificato partendo" per identificare il livello di sicurezza per cui le verifiche N/Mp e V tornano soddisfatte.

e con le combinazioni da normativa la verifica non risulta soddisfatta.

I valori di accelerazione sismica e periodo di ritorno sono disponibili nella finestra "Valutazione della pericolosità sismica".

		9
		Deformazione di danno in un pannello
A	T _{R,SUC}	
в	Teaty	
С	Tajsko	LILLI
D	Texa	

Deformazione di danno in un pannello

Nel contesto di visualizzazione dei risultati è necessario attivare una combinazione di tipo SLD per controllare il risultato:

deformazioni ► sismica 1000/H (nodi)

A tal fine devono essere visibili solo i nodi significativi. I nodi che non fanno parte dell'impalcato, pertanto, devono essere nascosti.

Il valore ottenuto deve rispettare il limiti di cui al §7.3.6.1 del D.M.2018. Se le verifiche non risultano soddisfatte è necessario ridurre l'azione finché la verifica non risulta soddisfatta, agendo sulla casella "Livello di sicurezza per edifici esistenti" e riducendo il valore dell'azione sismica finché le verifiche non tornano (si veda immagine nel paragrafo precedente.

A questo punto è possibile leggere i valori dei Tempi di Ritorno e di accelerazione da inserire nella casella.

COLLASSO

Per edifici in muratura non è previsto lo SL di Collasso

	_		Tipo di rottura							
		cemento armato, acciaio				muratura				
		1	2	3	4	5	a .	7	e	9
		Primo collasso a taglio	Collasso di un nodo	Rotazione totale rispetto alla conta	Capacità limite tendazioni	Capacità limita fondazioni	Deformazione ufilms nal piano	Resistence fuor pano di un parmeto	Resistenca nel plano di un pamelo	Deformazione di damo in un pannelio
A.	Testé	LILLI	LILL	LILLI	LILLI				1	
B	Tear	LILI	LILL	1.31.1.1.1	LILLI	LILLI	LULLI	LILL	LH	
с	TRAM			LILLI					LILLI	LHLL
D	TRISLO		3 · · · · · ·			LH.L.I.I.	9	in.'	9 <u> </u>	

Applicazione ad un edificio in calcestruzzo – Analisi lineare con q=1



Ρ	rimo	col	lasso	а	tad	lio

Per questa verifica è necessario controllare che le verifiche "Verifica fragili (taglio SLV)" e "Verifica fragili (taglio SLC)" siano <1 sia per le travi che per i pilastri.

Si esegua la procedura descritta nel paragrafo "Calcolo del fattore di accelerazione (alfa) per cui un edificio risulta verificato partendo" per identificare il livello di sicurezza per cui le verifiche "Verifica fragili (taglio SLV)" e "Verifica fragili (taglio SLC)" siano <1.

I valori di accelerazione sismica e periodo di ritorno sono disponibili nella finestra "Valutazione della pericolosità sismica".

Per questa verifica è necessario controllare che le verifiche "Verifica nodi SLV" e "Verifica nodi SLC" siano < 1 per i pilastri.

Collasso di un nodo

Si esegua la procedura descritta nel paragrafo "Calcolo del fattore di accelerazione (alfa) per cui un edificio risulta verificato partendo" per identificare il livello di sicurezza per cui le verifiche "Verifica nodi SLV" e "Verifica nodi SLC" siano < 1.

I valori di accelerazione sismica e periodo di ritorno sono disponibili nella finestra "Valutazione della pericolosità sismica".





Rotazione totale rispetto alla corda

Per questa verifica è necessario controllare che la verifica "Verifica duttili (rot corda SLD)", "Verifica duttili (rot corda SLV)" e "Verifica duttili (rot. corda SLC)" siano <1 sia per le travi che per i pilastri.

La rotazione rispetto alla corda degli elementi D2 va confrontata alla capacità totale di rotazione della sezione, la capacità della sezione varia a seconda dello stato limite che si sta analizzando (SLV,SLC,SLD).

Si esegua la procedura descritta nel paragrafo "Calcolo del fattore di accelerazione (alfa) per cui un edificio

risulta verificato partendo" per identificare il livello di sicurezza per cui le verifiche "Verifica nodi SLV" e "Verifica nodi SLC" siano < 1.

I valori di accelerazione sismica e periodo di ritorno sono disponibili nella finestra "Valutazione della pericolosità sismica".



Capacità delle fondazioni

Per ottenere il valore della limite capacità delle fondazioni è necessario realizzare un modello in cui sono presenti le fondazioni e confrontare i risultati delle pressioni sul terreno allo SLV e allor SLO con i valori limite forniti dalla relazione geologica o, in alternativa, effettuare le verifiche sul terreno con il modulo PRO_SAP verifiche geotecniche.

Se le verifiche risultano soddisfatte allora il valore della PGA e del TR sono quelli del sito. Se le verifiche non

soddisfatte

è

risultano

necessario ridurre l'azione finché la verifica non risulta soddisfatta, agendo sulla casella "Livello di sicurezza per edifici esistenti" e riducendo il valore dell'azione sismica finché le verifiche non tornano.

A questo punto è possibile leggere i valori dei Tempi di Ritorno e di accelerazione da inserire nella casella.

Capitolo 25

Isolatori Sismici Elastomerici

Questo capitolo presenta, in modo sintetico, l'uso dei comandi e delle procedure per l'inserimento di isolatori sismici.

- Modellazione degli isolatori sismici
- Catalogo degli isolatori sismici
- Inserimento degli isolatori sismici nel modello
- Assegnazione dei carichi
- Definizione delle combinazioni dei carichi
- Visualizzazione dei risultati e progettazione degli isolatori

Modellazione degli isolatori sismici

La modellazione degli isolatori sismici in *PRO_SAP* avviene attraverso la generazione dell'archivio degli isolatori sismici e l'assegnazione della proprietà "isolatore" ai nodi.

Si può assegnare la proprietà "isolatore" ad un nodo vincolato, ad un nodo che ha la proprietà di fondazione oppure ad un generico nodo della struttura (ad esempio un nodo intermedio di un pilastro o di una parete). Una volta inserito il sistema di isolamento nella struttura è possibile effettuare le analisi sismiche e, nel contesto visualizzazione risultati, effettuare le verifiche previste dal D.M. 2008 per gli isolatori sismici.

	Normat	ive in uso	
Cemento armato	Acciaio	Legno	_ Muratura
D.M. 2008	D.M. 2008	D.M. 2008	D.M. 2008
C D.M. 96	C CNR 10011	C REGLES C.B.71	O D.M. 87
O EC 2 NAD	O EC 3 NAD	O EC 5	C EC 6 NAD
C ACI 318	C AISC LRFD		C D.M. 2005
C BS 8110			
Avanzate	Avanzate	Avanzate	
Sismica		Resistenza al fuoco	
O D.M. 96	O EC 8	Augusta	
🔿 Ordinanza 3274	O D.M. 2005		
D.M. 2008			
Verifiche sismiche per edificio esistente	Avanzate		OK A "

Catalogo degli isolatori sismici

Nel contesto di *Introduzione dati* attraverso il comando **Dati struttura Isolatori** è possibile accedere all'archivio degli isolatori sismici.

Catalogo degli bolar	ert.																					
III Sage 1 Ansail 2 Ansail 3 Ansail 3 Ander peoplets 4 Indexe peoplets 4 Indexe peoplets 5 Indexe peoplets 5 Indexe strangolar 5 Indexe strangolar	000000004	B annual St	0 0-360 0-360 0-360 0-360 0-360	0 18 18 18 14	0 0.000 0.300 0.300 0.300	0 11.840 11.840 11.840 11.840 11.840	03n 0132235	105 8 2008 2008 2008 2008 2008 2008	# 1903-025 1903-025 1903-025 2900	Ac 0 180.05 180.05 180.425 180.45 200	0 125.668 125.664 125.664 125.664 144	1 1665 1665 1665 1665	100 100 100 100 100 100	10 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12	H #### G (G (G (G (G (G (G (G (G (G (G (G (G (G	Em 200 217 500 477 507 467 507 477 507 477 507 506 797	65 82200 95.004.056 95.064.259 95.064.259 95.064.259 47075.347	500000 50 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70	5-congravite 8 8.208 10 70	60 0 4000 4300 4300 4300	0 0 5 3 3 3 5	9 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1	1	1		Ļ	4000	nd Triv		Troni	-	Dalt secon	n hait in schale Bei gen 17 sen	ne Rodone -		de: 1490	udfalfe	50000						
			3	ų.	Lnasi	rite	4.50	harte	3	Dali tek mu Bi Laga Shi Dali tek mu	an per it par 1 bir 5 by col att par fa vi att par fa vi	cold La cold La rica dal colt (Se	indenin Designation Designation Designation	n fasiliji na, Al. s gamma ko 64 pr	n ar je je na provan ni ar je je ngranaci	Gelle (F.E. le indensitie Res et clieft I. et gebeni	el Escopital					
	1	-	1														64	. 6 100-100	Add a see	_	10.171	

I dati contenuti nell'archivio degli isolatori consento di effettuare:

- l'analisi della struttura (dati necessari: *H strutt, Ke, Kv, Scorrim*)
 - l'analisi della struttura ed il progetto del sistema di isolamento (dati necessari: *Hstrutt, Ke, Kv, Scorrim, bx(D), by, nti, ti, ts, Gdin, Eb*)

 l'analisi della struttura, il progetto del sistema di isolamento e la verifica degli isolatori secondo il D.M. 2008 (dati necessari: *H strutt, Ke, Kv, Scorrim, bx(D), by, nti, ti, ts, Gdin, Eb, gamma*, fyk)* Nella finestra "*Catalogo degli isolatori*" sono contenuti i seguenti parametri relativi agli isolatori:

ID	Sigla			bx (D)	by	ti	n.ti	ts	te	Gdin	Еb	A	Ap	L	
	S1	S2x	S2y	Hstrutt	Ke	K	v		Scorrim.	Smorzam	ento	fyk	gamma*	Peso	Т

- *ID*: numero progressivo dell'isolatore (valore non modificabile)
- Sigla: nome dell'isolatore
- *bx(D)*: dimensione x dell'isolatore sismico, o diametro dell'isolatore circolare (valore modificabile);
- *by*: dimensione y dell'isolatore sismico, se nullo il programma considera isolatori di forma circolare con diametro pari a bx(D)
- *ti*: spessore del singolo strato di elastomero
- *n.ti*: numero di strati di elastomero
- ts: spessore della piastra generica
- *te*: somma degli spessori dei singoli strati di elastomero valutata maggiorando lo spessore dei due strati esterni. Se maggiore di 3 mm la maggiorazione avviene con fattore 1,4; in altre parole:
 - o se ti>0.3 → te = ti·(nti-2)+2·1.4·ti
 - o se ti≤0.3 → te = nti·ti

(valore non modificabile; è calcolato in automatico dal programma una volta assegnati *ti*, *n.ti*, *ts*, *Gdin*)

- Gdin: modulo dinamico equivalente a taglio valutato come Gdin = Fte/(Ad) in corrispondenza di uno spostamento d = te
- *Eb*: modulo di compressibilità volumetrica della gomma. In assenza di determinazione diretta si assumere pari a 2000 MPa
- A: area della superficie del singolo strato di elastomero depurata degli eventuali fori (valore posto in automatico pari ad Ap ma modificabile dall'utente), viene utilizzata nei calcoli
- Ap: area comune alla singola piastra d'acciaio ed allo strato di elastomero depurata degli eventuali fori (se non riempiti successivamente) ottenuta in base alle dimensioni bx(d) e by (valore non modificabile)
- L: superficie laterale libera del singolo strato di elastomero di un isolatore elastomerico (calcolato automaticamente in base alla geometria ma modificabile dall'utente)
- *S1*: fattore di forma primario dell'isolatore elastomerico (calcolato automaticamente come S1 = A/L e non modificabile)
- S2x: fattore di forma secondario dell'isolatore elastomerico in direzione x (calcolato automaticamente come S2x = bx/te e non modificabile)
- S2y: fattore di forma secondario dell'isolatore elastomerico in direzione y (calcolato automaticamente come S2y = by/te e non modificabile)
- Hstrutt: altezza strutturale dell'isolatore (calcolata automaticamente come Hstrutt = ti·nti+ts·(nti-1)+10, dove 10 cm è il valore ipotizzato per lo spessore della contropiastra ma modificabile dall'utente). Corrisponde all'altezza dell'elemento finito isolatore che viene inserito nel modello strutturale
- Ke: rigidezza equivalente del dispositivo d'isolamento (calcolato automaticamente come Ke = Gdin·A/te ma modificabile dall'utente)
- Kv: rigidezza verticale del dispositivo d'isolamento (calcolato automaticamente come Kv = Ec·A/te, dove Ec=(1/(6Gdin·S1^2)+4/(3Eb))^-1 ma modificabile dall'utente)
- Scorrim.: se attivo consente di modellare un isolatore a scorrimento (slitta)
- Smorzamento: coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del dispositivo d'isolamento, necessaria per calcolare coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del sistema d'isolamento Sesi
- *fyk*: tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio delle piastre dell'isolatore, utilizzato per la verifica degli inserti in acciaio
- gamma*: valore massimo della deformazione di taglio
- *Peso:* peso dell'isolatore sismico

Nella finestra sono inoltre presenti i seguenti comandi:

- Aggiungi: consente di aggiungere un nuovo isolatore sismico
- Rimuovi: consente di cancellare l'isolatore sismico selezionato
- Rimuovi tutto: consente di eliminare l'intero archivio degli isolatori sismici

- Leggi file: consente di importare i dati degli isolatori da un file .csv. Questo file deve contenere una riga per ogni isolatore di cui si vogliono importare i dati ed in ogni riga devono essere presenti i seguenti valori separati dal carattere "; ": ID; Sigla; bx(D); by; ti; n.ti; ts; te; Gdin; Eb; A; Ap; L; S1; S2x; S2y; Hstrutt; Ke; Kv; Scorrim.; Smorzamento; fyk; gamma*; Peso
- Scrivi file: esporta un file .csv con i dati degli isolatori imputati nella tabella
- Applica: salva le modifiche apportate alla tabella. Usando questo comando viene attivato un controllo automatico che verifica i dati e segnala quando i dati inseriti non sono sufficienti per il progetto o per la verifica
- Annulla: esce senza salvare le modifiche

Inserimento degli isolatori sismici nel modello

Si può assegnare la proprietà di isolatore ad un nodo della struttura dal contesto di *introduzione dati* con il comando *edita proprietà* che consente di accedere alla finestra delle proprietà dei nodi.

È anche possibile assegnare la proprietà a più nodi della struttura contemporaneamente settando il riferimento con i seguenti comandi:

- 1. selezionare uno o più nodi
- 2. attivare il comando setta riferimento nodo
- 3. assegnare la proprietà di isolatore nel riferimento
- 4. usare il comando setta riferimento contenuto nella tabella delle proprietà del nodo
- 5. cliccare con il tasto destro del mouse all'interno della finestra grafica di *PRO_SAP* per far apparire il menù a puntatore
- 6. usare il comando Assegna isolatore per assegnare la proprietà di isolatore a tutti i nodi selezionati

Edita proprietà nodi	Д
🏦 📝 🗹 🛷 + 🔊	
Posizione	
X	0.0 [cm]
Υ	0.0 [cm]
Z	0.0 [cm]
🗆 Generalità	
Fondazione	Fondazione non definita
Layer	Layer 0
Isolatore	Isolatore non previsto
Codici di vincolo rigido	Isolatore non previsto
TX	[1] Analisi
TY TY	[2] Analisi + progetto [3] Apalisi + progetto + verifica
TZ TZ	[4] Isolatore centrale
RX	[5] Isolatore di bordo
RY	[6] Isolatore rettangolare
RZ	
Vincoli elastici	·
ТХ	0.0 [daN/cm]
TY	0.0 [daN/cm]
TZ	0.0 [daN/cm]
RX	0.0 [daN cm]
RY	0.0 [daN cm]
RZ	0.0 [daN cm]
🖃 Aiuti 3D	
🗌 Linea X	
🗌 Linea Y	
🗌 Linea Z	

Nella figura seguente è rappresentata la modellazione di alcuni elementi isolatore inseriti in testa ad un pilastro, in testa ad una parete, nel nodo di una trave di fondazione, in un nodo vincolato, in un nodo di fondazione. In tutti i casi l'altezza dell'isolatore è pari al valore di *Hstrutt.* presente nel "catalogo isolatori".



Nel contesto di *Introduzione dati*, una volta definito il sistema di isolamento, è possibile visualizzare la posizione del baricentro del sistema di isolamento, la rigidezza orizzontale totale del sistema di isolamento *Kesi* (ottenuta come somma delle rigidezze degli isolatori) e lo smorzamento equivalente dell'intero sistema di isolamento *Sesi* ottenuto come media pesata degli smorzamenti dei singoli isolatori.



Il valore di *Sesi* non è inserito automaticamente nella definizione degli spettri di progetto, spetta al progettista inserirlo al passo 3 dei *Casi di carico sismici*.



Assegnazione dei carichi

Dal contesto *assegnazione carichi* è possibile inserire i casi di carico di tipo *Edk* "Azioni indotte dal sisma dinamico".



La definizione degli spettri di progetto è analoga a quella delle strutture non isolate, tranne nel passo 3 della definizione delle masse sismiche, nel quale è necessario specificare:

- *Periodo Tis*: periodo del sistema di isolamento graficizzato nella visualizzazione "*Vedi caso di carico*" di un caso di carico di tipo Edk o Esk.
- Smorz. Esi: smorzamento equivalente dell'intero sistema di isolamento Sesi graficizzato nella visualizzazione "Vedi caso di carico" di un caso di carico di tipo Edk o Esk.



I valori ti *Tis* e *Smorz*. *Esi* non sono assegnati in automatico. Il valore di q è assegnato unitario e non modificabile in quanto per le verifiche è utilizzato lo spettro elastico. Nel caso si desideri ridurre l'azione sismica per la progettazione è necessario modificare le combinazioni dei carichi per la progettazione della struttura (si veda paragrafo successivo).

						Pas	so 3				>
- Parai S.L.	metri e fatt ag	ori spettri eta	S	Fo	Fv	ТВ	тс	TD	Risposta		
SLO	0.044	1.0	1.200	2.520	0.711	0.129	0.386	1.775	Locale	S (oriz.)	
SLD	0.056	1.0	1.200	2.480	0.794	0.132	0.397	1.825	File RSL		
SLV	0.156		1.200	2.570	1.371	0.132	0.397	2.225			
SLC	0.208		1.190	2.520	1.551	0.132	0.397	2.432			
Vertica	ale per tutt	i:	1.000	[0.050	0.150	1.000	Informa	Sv (vert.)	
Fatto	re di strutt	ura		E	difici isola	ti ia Smort		-Classe di	i duttilità		
1.0	1.0	1.5	Aiuto	»	1.897	27.15		C Alta	Bassa		
				< Indietro	Av	anti >	An	nulla	Aggioma		

Per l'applicazione del metodo dello spettro di risposta il programma riduce lo spettro elastico per tutto il campo di periodi T \ge 0,8 *Tis* assumendo per il coefficiente riduttivo η il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente *Smorz. Esi* del sistema di isolamento.

Nel caso si esegua un'analisi statica lineare (casi di carico *Esk*) per assegnare una distribuzione di forze proporzionale alle masse è necessario selezionare, al passo 4 dei *casi di carico sismici*, l'opzione *"Accelerazione uniforme[F1=Fh]"*.



Definizione delle combinazioni dei carichi

Nel contesto di Assegnazione carichi è possibile definire le combinazioni dei carichi sfruttando gli automatismi che il programma mette a disposizione.

Le condizioni di resistenza degli elementi strutturali della sovrastruttura possono essere soddisfatte considerando gli effetti dell'azione sismica divisi per il fattore q = $1,15 \cdot \alpha u / \alpha 1$, combinati con le altre azioni secondo le regole del §2.5.3 del D.M. 2008. Il valore di $\alpha u / \alpha 1$ può essere calcolato per mezzo di un analisi statica non lineare (§7.3.4.1 del D.M. 2008 e §C7.3.4.1 della circolare 617 del C.S.LL.PP.) o assunto pari al valore specificato per le diverse tipologie strutturali nei corrispondenti punti di questa norma. In nessun caso può essere assunto superiore a 1,5.

Per la progettazione o la verifica degli elementi strutturali è possibile considerare un moltiplicatore dell'azione sismica < 1 modificando il valore di riferimento nelle impostazioni generali delle combinazioni dei carichi.

Tube to the contrinsition			Tanana Barren -		
hang-dimaken pidepiniaki	1		Ceodomo	i and a start of the start of t	in the second second second second second second second second second second second second second second second
record al	-		CBC ECOLOR UNITS PARAN BATE INSPIRED	Ferrane Personale	Velocit
Parties 0.1 0.2 1981 1.4 1.6 0822 1.64 1.64 0823 1.64 1.64 0843 1.64 1.04 0843 1.64 1.06 0845 1.08 1.06 0846 1.08 1.06 0846 1.08 1.06 0846 1.08 1.06 0846 1.08 1.06 0947 1.08 1.06 0948 1.08 1.08 0949 1.08 1.08 0949 1.08 1.08 0949 1.08 1.08 0949 1.08 1.08 0949 1.08 1.09 0941 1.08 1.09	12555555555555555555555555555555555555		Chicle property description Dirichle production Dirichle production D	Panaass Note Jarle Note Jarle Notestat Notestat Notestat Notestat Notestat	dr a
- Hanne - Preses	11.8 mm	112			
There is a second second	\$118 miles	113.5 mg			
TAM IN THE PARTY	31.8	514 (um)			
Codionintemperist.	53.0 post				
T coro algenera	Penne	- area			
naki approxis	Contents on Y antis	efficiencia			
-				direction (Anala

Visualizzazione dei risultati e progettazione degli isolatori

Le verifiche degli isolatori sismici si eseguono nel contesto di *Visualizzazione risultati* con il comando **Dati di** *progetto* ► *Verifica isolatori*.

Il controllo dei risultati avviene mediante i comandi contenuti nel menù Deformazioni > Isolatori sismici



Le verifiche sono eseguite in riferimento al §C11.9.7 della circolare 617/2009 del C.S.LL.PP. Sono disponibili le seguenti mappe:

- Sforzo V min: rappresenta il valore dello sforzo normale minimo negli isolatori sismici (positivo se di compressione) ottenuto considerando tutte le combinazioni sismiche
- Sforzo V max: rappresenta il valore dello sforzo normale massimo negli isolatori sismici (positivo se di compressione) ottenuto considerando tutte le combinazioni sismiche
- Spostamento DE: rappresenta lo spostamento ottenuto con le formule del §C11.9.7 della circolare 617/2009 del C.S.LL.PP. considerando tutte le combinazioni sismiche
- Convergenza Friction I.P. (%): consente di valutare l'affidabilità dei risultati. I risultati dovrebbero essere considerati soddisfacenti quando questo parametro ha valore < 5%. Risultato disponibile solo per isolatori del tipo friction pendulum
- Verifica inserti: rappresenta il rapporto tra la tensione massima os agente nella generica piastra in acciaio e fyk ottenuto considerando tutte le combinazioni sismiche
- *Verifica gamma t:* rappresenta il valore della deformazione massima a taglio diviso 5 ottenuto considerando tutte le combinazioni sismiche
- *Verifica gamma s (2):* rappresenta il valore della deformazione a taglio indotta dallo spostamento sismico totale diviso 2 ottenuto considerando tutte le combinazioni sismiche
- Verifica gamma s (*): rappresenta il valore della deformazione a taglio indotta dallo spostamento sismico totale amplificato del 50% diviso gamma s (*). Gamma s(*) è il valore massimo della deformazione di taglio raggiunto nelle prove di qualificazione relative all'efficacia dell'aderenza elastomero-acciaio, senza segni di rottura. Il valore è ottenuto considerando tutte le combinazioni sismiche
- Verifica V cr: rappresenta il rapporto tra il carico massimo verticale agente sul singolo isolatore e il carico critico Vcr diviso per un coefficiente di sicurezza 2 ottenuto considerando tutte le combinazioni sismiche

Riferimenti a immagini e modelli

In copertina: immagini "Ponte di Rialto" pubblicate per gentile concessione: Studio Tecnico Ing. Alessandro Gumier.



PRO_SAP



Via Garibaldi, 90 - 44121 Ferrara (FE) Tel. +39 0532 200091 - info@2si.it

