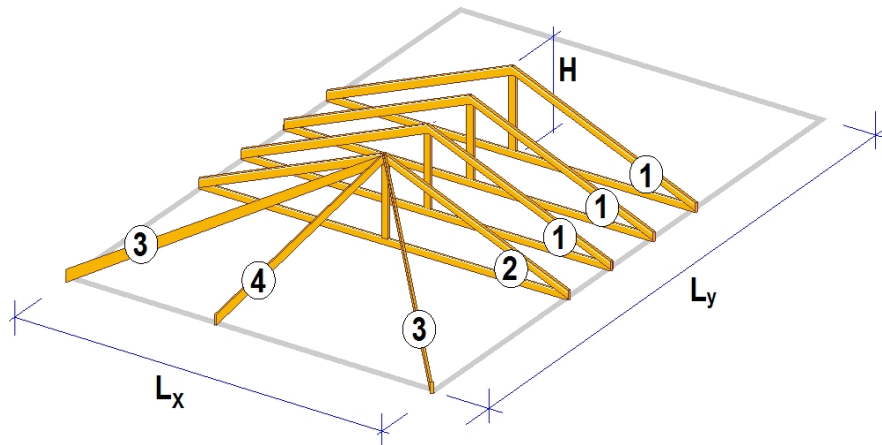


1. PADIGLIONE-04

Tetto a padiglione



1.1. Descrizione tecnica

1.1.1. Tipologia costruttiva

Tetto a padiglione $L_x=6.000$ m, $L_y=6.000$ m, $H=1.800$ m

Tetto in legno D40. La tipologia della capriata è illustrata nel disegno soprastante.

Luce della capriata 6.000m, altezza 1.800m, inclinazione 30.96° , interasse delle capriate 4.000m

Assito costituito da legno di classe C22, spessore 20 mm

Travetti in legno di classe C22, con dimensioni 75x125 mm, ad interasse 0.300 m

Sezione degli elementi della capriata BxH [mm]

Elementi travetti, sezione 75x225 [mm]

Elementi cordolo inferiore, sezione 75x225 [mm]

Elementi altri elementi, sezione 75x225 [mm]

1.1.2. Normative di calcolo

Norme Tecniche per le Costruzioni (DM2008)

UNI EN1990-1-1:2004, Eurocodice 0 Parte 1-1, Basi di calcolo

UNI EN1991-1-1:2004, Eurocodice 1 Parte 1-1, Azioni sulle strutture

DM2008, §3.4, Azioni della neve

DM2008, §3.3, Azioni del vento

UNI EN1995-1-1:2009, Eurocodice 5 Parte 1-1, Progettazione delle strutture di legno

1.1.3. Metodo di calcolo

Gli sforzi interni alla capriata sono calcolati mediante analisi ad elementi finiti. La capriata è considerata come un elemento trave reticolare a due dimensioni. La rigidità delle unioni è modulata secondo il grado desiderato di rigidità. Per calcolare il valore di progetto degli sforzi interni, gli sforzi interni sono dapprima calcolati come sforzi unitari e successivamente, dalle loro combinazioni si ottengono gli sforzi interni nelle varie condizioni di carico. Tutte le combinazioni di carico previste dall'Eurocodice 5 sono considerate, e le verifiche sono svolte nelle condizioni di carico più sfavorevoli, per le combinazioni di carico, allo stato limite ultimo di progetto, secondo EN1995-1-1, §6. Le giunzioni sono considerate come unioni con bulloni con piastre metalliche e sono dimensionate secondo EN1995-1-1, §8. In aggiunta le deformazioni sono verificate nello stato limite di servizio, secondo UNI EN1995-1-1:2009, §7.

1.1.4. Proprietà dei materiali (capriata) (NTC-DM2008, §4.4)

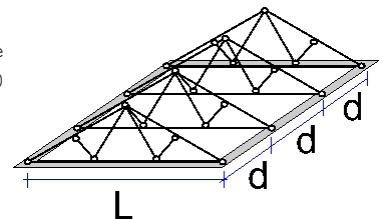
Classe del legno : D40

Classe di servizio : Classe 1, umidità $\leq 12\%$ (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname**f_{mk} = 40.0 MPa, f_{t0k} = 24.0 MPa, f_{t90k} = 0.6 MPaf_{c0k} = 26.0 MPa, f_{c90k} = 8.3 MPa, f_{vk} = 4.0 MPaE_{0m} = 13000 MPa, E₀₀₅ = 10900 MPa, E_{90m} = 860 MPaG_m = 810 MPa, ρ_k = 550 Kg/m³**1.1.5. Proprietà dei materiali (legname, finitura) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

Classe di servizio : Classe 1, umidità $\leq 12\%$ (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname**f_{mk} = 22.0 MPa, f_{t0k} = 13.0 MPa, f_{t90k} = 0.4 MPaf_{c0k} = 20.0 MPa, f_{c90k} = 2.4 MPa, f_{vk} = 3.8 MPaE_{0m} = 10000 MPa, E₀₀₅ = 6700 MPa, E_{90m} = 330 MPaG_m = 630 MPa, ρ_k = 340 Kg/m³**1.1.6. Proprietà dei materiali (legname, travetti) (NTC-DM2008, §4.4)**

Classe del legno : C22

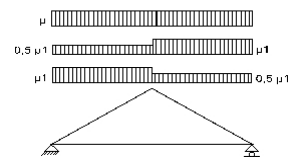
Classe di servizio : Classe 1, umidità $\leq 12\%$ (DM2008 §4.4.5)Coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008 T.4.4.III)**Valori caratteristici del legname**f_{mk} = 22.0 MPa, f_{t0k} = 13.0 MPa, f_{t90k} = 0.4 MPaf_{c0k} = 20.0 MPa, f_{c90k} = 2.4 MPa, f_{vk} = 3.8 MPaE_{0m} = 10000 MPa, E₀₀₅ = 6700 MPa, E_{90m} = 330 MPaG_m = 630 MPa, ρ_k = 340 Kg/m³**1.1.7. Carichi distribuiti sulla copertura**Carico permanente del manto di copertura Ge = 0.450 kN/m² (Tegole)Travetti, assito, isolamento G_t = 0.100 kN/m² Ge+G_t=0Peso del controsoffitto del tetto G_c = 0.100 kN/m²Carico della neve sul terreno S_k = 1.500 kN/m²Pressione del vento sulle superfici vert. Q_w = 0.754 kN/m²Carico (categoria H) Q_i = 0.500 kN/m²**1.2. Azioni della neve (DM2008, §3.4)**Carico neve al suolo S_k (DM2008, §3.4.2)

Classe di importanza 1, vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni (§3.3.2)

Zona climatica : I , altitudine del suolo sul livello del mare = 200 m

q_{sk} = 1.500 kN/m² (as=200<=200m)Valore di riferimento del carico neve al suolo: s_k=q_{ref}(T)=1.500 kN/m²

Carico neve sulla copertura (DM2008, §3.4.5)

Inclinazione del tetto : $\alpha=30.964^\circ$ Coefficiente di esposizione : C_e=1.000 (DM2008 §5.2(7))Coefficiente termico : C_t=1.000 (DM2008 §5.2(8))Fattori di forma, $\alpha_1=\alpha_2=30.96^\circ$, $\mu_1(\alpha_1)=\mu_1(\alpha_2)=0.774$ (Tab. 3.4.II)S(α_1)= $\mu_1(\alpha_1) \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.774 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.500 = 1.161 \text{ kN/m}^2$ (§3.4.1)S(α_2)= $\mu_1(\alpha_2) \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.774 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.500 = 1.161 \text{ kN/m}^2$ 

Azioni della neve (DM2008, §3.4.1)

Combinazione di carico (I), S(Sinistra)=S(α_1) = 1.161 kN/m², S(Destra)=S(α_2) = 1.161 kN/m²Combinazione di carico (II), S(Sinistra)=0.5xS(α_1)=0.581 kN/m², S(Destra)=S(α_2) = 1.161 kN/m²Combinazione di carico (III), S(Sinistra)=S(α_1) = 1.161 kN/m², S(Destra)=0.5xS(α_2)=0.581 kN/m²

1.3. Azioni del vento (DM2008 §3.3)

Pressione del vento $q_b(z) = C_e(z) \cdot V_b^2 / 1.6$ (DM2008 §3.3.6)

Classe di importanza 1, vita utile 50 anni, periodo di ritorno 500 anni (§3.3.2)

Zona:1, $V_b = 25.00 \text{ m/s}$ ($a_s = 500 < a_o = 1000 \text{ m}$), $V_b = 25 \text{ m/s}$, $a_o = 1000 \text{ m}$, $K_a = 0.012 (1/\text{s})$ (Tab. 3.3.I)

Velocità di riferimento, $T_r = 500$ anni (§3.3.2)

Classe di rugosità del terreno = D, $10 \text{ km} < \text{distanza costa} < 30 \text{ km}$, altitudine di riferimento = 500 m

Categorie di esposizione del sito: II, $k_r = 0.19$, $z_o = 0.05 \text{ m}$, $z_{\min} = 4.00 \text{ m}$ (Tab.3.3.II)

Coefficiente di topografia: $C_t = 1.000$ (§3.3.7)

Coefficiente di esposizione: $C_e = 0.19^2 \times 1.000 \times \ln(5/0.05) \times [7 + 1.000 \times \ln(5/0.05)] = 1.929$ (§3.3.7)

Pressione del vento sulla superficie verticale: $Q_{\text{ref}} \cdot C_e = 0.001 \times (25.00^2 / 1.6) \times 1.929 = 0.754 \text{ kN/m}^2$

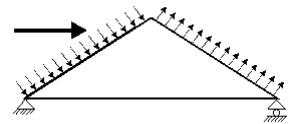
Pressione del vento $p_f = C_p \cdot q_b$ (DM2008, §3.3.7.1)

Coefficiente di forma C_p (DM2008 §3.3.7.1)

Con inclinazione $\alpha = 30.96^\circ$, $C_p(+) = -0.07$, $C_p(-) = -0.40$

Pressione del vento $p_f(\text{Sinistra}) = -0.054 \text{ kN/m}^2$

Pressione del vento $p_f(\text{Destra}) = -0.302 \text{ kN/m}^2$

**1.4. Azione sismica (DM2008, §3.2)**

Accelerazione orizzontale (§3.2.3.2.1)

$a_g/g = 0.02$

Fattore d'importanza (§3.2.1)

$\gamma_i = 1.00$

Fattore di suolo [orizzontale] (§3.2.3.2.1)

$S_o = 1.80$

Fattore di suolo [verticale]

$S_v = 1.00$

Fattore di struttura [orizzontale] (§7.3.1)

$q_o = 1.50$

Fattore di struttura [verticale]

$q_v = 1.50$

Fattore di spettro [orizzontale] (§3.2.3.1)

$\beta_o(T) = 2.21$

Fattore di spettro [verticale] (§3.2.3.2.2)

$\beta_v(T) = 0.48$

Fattore di correzione (§7.3.3.2)

$\lambda = 1.00$

Distribuzione della forza $\zeta = z_i W_i / \sum z_j W_j$ (§7.3.3.2)

$\zeta = 1.00$

Primo periodo di vibrazione (§7.3.3.2)

$T(\text{sec}) = 0.15$

Fattore di combinazione carichi accidentali

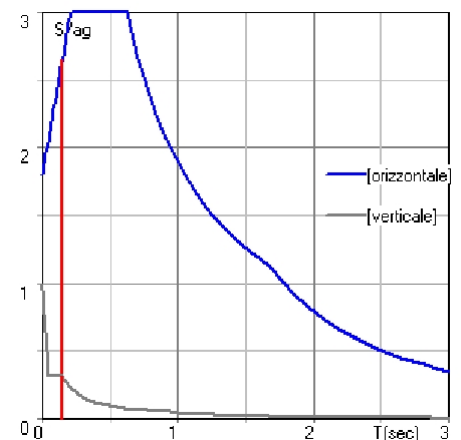
$\psi_2 = 0.30$

Fattore di combinazione carico da neve

$\psi_2 = 0.20$

Periodi di spettro [orizzontale]: $T_b = 0.21 \text{ sec}$, $T_c = 0.63 \text{ sec}$, $T_d = 1.68 \text{ sec}$

Periodi di spettro [verticale]: $T_b = 0.05 \text{ sec}$, $T_c = 0.15 \text{ sec}$, $T_d = 1.00 \text{ sec}$



Orizzontale: $F_o = a_g \cdot \gamma_i \cdot S_o \cdot \beta_o(T) \cdot \lambda \cdot \zeta / q_o$

$F_o = g \times 0.02 \times 1.00 \times 1.80 \times 2.21 \times 1.00 \times 1.00 / 1.50 = 0.053 \times g$ (DM2008 §3.2.3.2.1)

Verticale: $F_v = a_g \cdot \gamma_i \cdot S_v \cdot \beta_v(T) \cdot \lambda \cdot \zeta / q_v$

$F_v = g \times 0.02 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.48 \times 1.00 \times 1.00 / 1.50 = 0.006 \times g$ (DM2008 §3.2.3.2.2)

1.5. Finitura del tetto

Sistema strutturale dell'assito

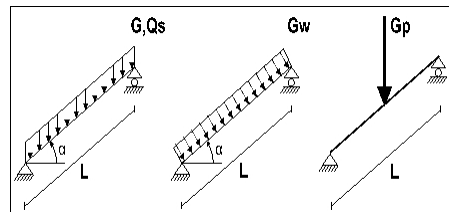
L'assito è progettato come trave semplicemente appoggiata con luce interasse tra i travetti $L=0.300\text{m}$, e larghezza 1.00m .

Dimensioni del materiale dell'assito

Specie legnosa dell'assito: C22, classe di servizio: Classe 1, umidità $\leq 12\%$
Interasse dei travetti $L=0.300\text{m}$, inclinazione del tetto $\alpha=30.96^\circ$, spessore dell'assito 20mm

Carico sull'assito

Manto di copertura $G_e = 0.450 \text{ kN/m}^2$
Peso proprio $G_l = 0.067 \text{ kN/m}^2$
Carico neve $Q_s = 1.161 \text{ kN/m}^2$
Carico da vento $Q_w = -0.054 \text{ kN/m}^2$
Peso del carpentiere $Q_p = 1.200 \text{ kN}$



Sforzi interni dell'assito (luce $L=0.300 \text{ m}$, larghezza $=1.00 \text{ m}$)

Carico	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	$\max N [\text{kN}]$	$\max V [\text{kN}]$	$\max M [\text{kNm}]$	
(Gk) Permanente	$G_k = 0.517 [\text{kN/m}]$	Permanente	1.30	0.00	1.00	0.080	0.066	0.005
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 1.161 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.154	0.128	0.010
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.054 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	0.000	-0.008	-0.001
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.617	0.514	0.077

1.5.1. Stato limite di servizio (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

Deformazione a flessione (EC5 §7.2)

Carico	$[\text{kN/m}]$	$u [\text{mm}]$	Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2	K_{def}	
(Gk) Permanente	$G_k = 0.517 [\text{kN/m}]$	0.003	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60	
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 1.161 [\text{kN/m}]$	0.006	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60	
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.054 [\text{kN/m}]$	0.000	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60	

Combinazione di carico	w_{inst}	$w_{fin} [\text{mm}]$
1 Gk	0.003	0.005
2 Gk + Qk1	0.009	0.011
3 Gk + Qk2	0.003	0.005
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	0.009	0.011
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	0.007	0.009

$w_{fin}, g = w_{inst}, g(1 + k_{def})$, $w_{fin}, q = w_{inst}, q(1 + \psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 0.009 \text{ mm}$, $w_{fin} = 0.011 \text{ mm}$

Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2

Deformazioni finali

$w_{inst} = 0.009 \text{ mm} < L/300 = 300/300 = 1.000 \text{ mm}$

$w_{net, fin} = 0.011 \text{ mm} < L/250 = 300/250 = 1.200 \text{ mm}$

$w_{fin} = 0.011 \text{ mm} < L/150 = 300/150 = 2.000 \text{ mm}$

La verifica è soddisfatta

1.5.2. Verifica dell'assito, Stato limite ultimo di progetto (UNI EN1995-1-1:2009, §6)

L.C.	Combinazione di carichi	Classe di durata	kmod	N/Kmod	V/Kmod	M/Kmod
1	yg.Gk	Permanente	0.60	-0.173	0.144	0.011
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	-0.371	0.310	0.023
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	-0.115	0.096	0.007
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	-0.721	0.601	0.084
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	-0.371	0.310	0.023
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	-0.295	0.246	0.018
	Valori massimi			-0.721	0.601	0.084

Assito, combinazione di carico No 4**Compressione parallela alla fibratura, $F_{c0d} = -0.721$ kN** (EC5 §6.1.4)Sezione rettangolare, $b=1000$ mm, $h=20$ mm, $A=20\,000$ mm²Coefficiente di correzione $K_{mod}=1.00$ (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3) $f_{c0k}=20.00$ N/mm², $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 1.00 \times 20.00 / 1.50 = 13.33$ N/mm² (EC5 Eq.2.14) $F_{c0d} = -0.721$ kN, $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 0.721 / 20000 = 0.04$ N/mm² < 13.33 N/mm² = f_{c0d} (Eq.6.2)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Taglio, $F_v = 0.601$ kN** (EC5 §6.1.7)Sezione rettangolare, $b_{ef}=0.67 \times 1000 = 670$ mm, $h=20$ mm, $A=13\,400$ mm²Coefficiente di correzione $K_{mod}=1.00$ (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3) $f_{vk}=3.80$ N/mm², $f_{vd}=K_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M = 1.00 \times 3.80 / 1.50 = 2.53$ N/mm² (EC5 Eq.2.14) $F_v = 0.601$ kN, $\tau_{v0d} = 1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 0.601 / 13400 = 0.07$ N/mm² < 2.53 N/mm² = f_{v0d} (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Flessione, $M_{yd} = 0.084$ kNm, $M_{zd} = 0.000$ kNm** (EC5 §6.1.6)Sezione rettangolare, $b=1000$ mm, $h=20$ mm, $A=2.000E+004$ mm², $W_y=6.667E+004$ mm³, $W_z=3.333E+006$ mm³Coefficiente di correzione $K_{mod}=1.00$ (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008) $f_{yk}=22.00$ N/mm², $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{yk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67$ N/mm² $f_{mk}=22.00$ N/mm², $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67$ N/mm²Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1E+06 \times 0.084 / 6.667E+004 = 1.25$ N/mm² $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 3.333E+006 = 0.00$ N/mm² $\sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.086 + 0.000 = 0.09 < 1$ (EC5 Eq.6.11) $K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.060 + 0.000 = 0.06 < 1$ (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Flessione e compressione assiale combinate, $F_{c0d} = -0.721$ kN, $M_{yd} = 0.084$ kNm, $M_{zd} = 0.000$ kNm** (§6.2.4)Sezione rettangolare, $b=1000$ mm, $h=20$ mm, $A=2.000E+004$ mm², $W_y=6.667E+004$ mm³, $W_z=3.333E+006$ mm³Coefficiente di correzione $K_{mod}=1.00$ (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008) $f_{c0k}=20.00$ N/mm², $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 1.00 \times 20.00 / 1.50 = 13.33$ N/mm² $f_{yk}=22.00$ N/mm², $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{yk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67$ N/mm² $f_{mk}=22.00$ N/mm², $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67$ N/mm²Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 0.721 / 20000 = 0.04$ N/mm² $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1E+06 \times 0.084 / 6.667E+004 = 1.25$ N/mm² $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1E+06 \times 0.000 / 3.333E+006 = 0.00$ N/mm² $(\sigma_{c0d} / f_{c0d})^2 + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.000 + 0.086 + 0.000 = 0.09 < 1$ (EC5 Eq.6.19) $(\sigma_{c0d} / f_{c0d})^2 + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.000 + 0.060 + 0.000 = 0.06 < 1$ (EC5 Eq.6.20)

La verifica è soddisfatta

Assito, combinazione di carico No 4**Stabilità a pressoflessione, $F_{c0d} = -0.721 \text{ kN}$, $M_{yd} = 0.084 \text{ kNm}$, $M_{zd} = 0.000 \text{ kNm}$** (EC5 §6.3.2)Sezione rettangolare, $b = 1000 \text{ mm}$, $h = 200 \text{ mm}$, $A = 2.000 \text{ E}+004 \text{ mm}^2$, $W_y = 6.667 \text{ E}+004 \text{ mm}^3$, $W_z = 3.333 \text{ E}+006 \text{ mm}^3$ Coefficiente di correzione $K_{mod} = 1.00$, coefficiente del materiale $\gamma_M = 1.50$, $E_{005} = 6700 \text{ N/mm}^2$ $f_{c0k} = 20.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{c0d} = K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 1.00 \times 20.00 / 1.50 = 13.33 \text{ N/mm}^2$ $f_{myk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{myd} = K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67 \text{ N/mm}^2$ $f_{mk} = 22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{mzd} = K_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_M = 1.00 \times 22.00 / 1.50 = 14.67 \text{ N/mm}^2$ Sezione rettangolare $K_m = 0.70$ (EC5 §6.1.6.(2)) $\sigma_{c0d} = F_{c0d} / A_{netto} = 1000 \times 0.721 / 20000 = 0.04 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{myd} = M_{yd} / W_{my,netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.084 / 6.667 \text{ E}+004 = 1.25 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{mzd} = M_{zd} / W_{mz,netto} = 1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 3.333 \text{ E}+006 = 0.00 \text{ N/mm}^2$ Lunghezza libera di inflessione S_k $S_{ky} = 1.00 \times 0.300 = 0.300 \text{ m} = 300 \text{ mm}$ $S_{kz} = 0.00 \times 0.300 = 0.000 \text{ m} = 0 \text{ mm}$ Snellezza $i_y = \sqrt{I_y / A} = 0.289 \times 20 = 6 \text{ mm}$, $\lambda_y = 300 / 6 = 50.00$ $i_z = \sqrt{I_z / A} = 0.289 \times 1000 = 289 \text{ mm}$, $\lambda_z = 0 / 289 = 0.00$ Tensioni critiche $\sigma_{c,crity} = \pi^2 E_{005} / \lambda_y^2 = 26.45 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,crity}} = 0.87$ (EC5 Eq.6.21) $\sigma_{c,critz} = \pi^2 E_{005} / \lambda_z^2 = 2000.00 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c0k} / \sigma_{c,critz}} = 0.00$ (EC5 Eq.6.22) $\beta_c = 0.20$ (legno massiccio) $k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.94$, $K_{cy} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 0.782$ (Eq.6.27 6.25) $k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.50$, $K_{cz} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1.000$ (Eq.6.28 6.26) $\sigma_{c0d} / (K_{cy} \cdot f_{c0d}) + \sigma_{myd} / f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.003 + 0.086 + 0.000 = 0.09 < 1$ (EC5 Eq.6.23) $\sigma_{c0d} / (K_{cz} \cdot f_{c0d}) + K_m \cdot \sigma_{myd} / f_{myd} + \sigma_{mzd} / f_{mzd} = 0.003 + 0.060 + 0.000 = 0.06 < 1$ (EC5 Eq.6.24)

La verifica è soddisfatta

1.6. Progettazione dei travetti

Sistema strutturale dei travetti

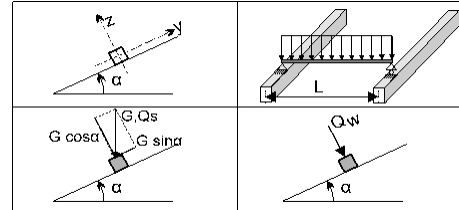
I travetti sono progettati come travi semplicemente appoggiate con luce $L=4.000\text{m}$ che è la distanza tra le capriate. Essi sono sottoposti ad un carico di superficie di larghezza $L_1=0.300\text{m}$ (interasse tra i travetti). L'asse dei travetti ha un'inclinazione $\alpha=30.96^\circ$ sulla verticale. I carichi verticali (peso proprio, neve, peso del carpentiere) sono scomposti in due componenti nelle direzioni z-z $P \cdot \cos\alpha$, e y-y $P \cdot \sin\alpha$, la pressione del vento agisce nella direzione z-z.

Dimensioni dei travetti

Specie legnosa dei travetti: C22, Classe 1, umidità $\leq 12\%$, sezione dei travetti BxH: 75x125mm
Interasse dei travetti 0.300m, inclinazione della falda $\alpha=30.96^\circ$, interasse delle capriate 4.000m.

Carico uniformemente distribuito sui travetti kN/m^2

Manto di copertura $G_e = 0.450 \text{ kN/m}^2$
Assito+peso proprio $G_l = 0.100 \text{ kN/m}^2$
Carico neve $Q_s = 1.161 \text{ kN/m}^2$
Carico da vento $Q_w = -0.054 \text{ kN/m}^2$
Peso del carpentiere $Q_p = 1.200 \text{ kN}$



Carico lineare sui travetti (kN/m) in z-z e y-y

Manto di copertura+peso proprio $G_k = 0.165 \text{ kN/m}$, $G_{kz} = 0.141 \text{ kN/m}$, $G_{kez} = 0.085 \text{ kN/m}$
Carico neve $Q_{ks} = 0.348 \text{ kN/m}$, $Q_{ksz} = 0.299 \text{ kN/m}$, $Q_{ksy} = 0.179 \text{ kN/m}$
Carico da vento $Q_{kw} = -0.016 \text{ kN/m}$, $Q_{kwz} = -0.016 \text{ kN/m}$, $Q_{kwy} = 0.000 \text{ kN/m}$
Peso del carpentiere $Q_{kp} = 1.200 \text{ kN}$, $Q_{kpz} = 1.029 \text{ kN}$, $Q_{kpy} = 0.617 \text{ kN}$

Sforzi interni nei travetti (luce $L=4.000 \text{ m}$, BxH: 75x125 mm)

Carico	Azione	γ_g	γ_q	ψ_0	$Q_z [\text{kN}]$	$Q_y [\text{kN}]$	$M_y [\text{kNm}]$	$M_z [\text{kNm}]$	
(Gk) Permanente	$G_k = 0.165 [\text{kN/m}]$	Permanente	1.30	0.00	1.00	0.283	0.170	0.283	0.000
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 0.348 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.70	0.598	0.359	0.598	0.000
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.016 [\text{kN/m}]$	Breve	0.00	1.50	0.60	-0.032	0.000	-0.032	0.000
(Qk3) Carpentiere	$Q_{kp} = 1.200 [\text{kN}]$	Istantaneo	0.00	1.00	0.00	0.514	0.309	1.029	0.000

1.6.1. Stato limite di servizio (UNI EN1995-1-1:2009, §2.2.3, §7)

Deformazione a flessione (EC5 §7.2)

Carico	$[\text{kN/m}]$	$u [\text{mm}]$	Azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2	K_{def}
(Gk) Permanente	$G_k = 0.141 [\text{kN/m}]$	3.864	Permanente	1.00	1.00	1.00	0.60
(Qk1) Neve	$Q_{ks} = 0.299 [\text{kN/m}]$	8.159	Breve	0.70	0.50	0.20	0.60
(Qk2) Vento	$Q_{kw} = -0.016 [\text{kN/m}]$	-0.439	Breve	0.60	0.20	0.00	0.60

Combinazione di carico	w.inst	w.fin [mm]
1 Gk	3.864	6.182
2 Gk + Qk1	12.022	15.319
3 Gk + Qk2	3.864	6.182
4 Gk + Qk1 + $\psi_0 \cdot Qk2$	12.022	15.319
5 Gk + Qk2 + $\psi_0 \cdot Qk1$	9.575	12.872

$w_{fin, g} = w_{inst, g}(1 + k_{def})$, $w_{fin, q} = w_{inst, q}(1 + \psi_2 \cdot k_{def})$ (EC5 §2.2.3, Eq.2.3, Eq.2.4)

Massimi valori della freccia

$w_{inst} = 12.022 \text{ mm}$, $w_{fin} = 15.319 \text{ mm}$

Verifica secondo UNI EN1995-1-1:2009 §7.2, Tab.7.2Deformazioni finali

$w_{inst} = 12.022 \text{ mm} < L/300 = 4000/300 = 13.333 \text{ mm}$

$w_{net,fin} = 15.319 \text{ mm} < L/250 = 4000/250 = 16.000 \text{ mm}$

$w_{fin} = 15.319 \text{ mm} < L/150 = 4000/150 = 26.667 \text{ mm}$

La verifica è soddisfatta

1.6.2. Verifica dei travetti, Stato limite ultimo di progetto (UNI EN1995-1-1:2009, §6)

L.C.	Combinazione di carichi	classe di durata	kmod	Qz/Kmod	Qy/Kmod	My/Kmod	Mz/Kmod
1	yg.Gk	Permanente	0.60	0.613	0.368	0.613	0.000
2	yg.Gk + yq.Qk1	Breve	0.90	1.405	0.843	1.405	0.000
3	yg.Gk + yq.Qk2	Breve	0.90	0.409	0.245	0.409	0.000
4	yg.Gk + yq.Qk3	Istantaneo	1.00	0.882	0.529	1.397	0.000
5	yg.Gk + yq.Qk1 + yq.ψo.Qk2	Breve	0.90	1.405	0.843	1.405	0.000
6	yg.Gk + yq.Qk2 + yq.ψo.Qk1	Breve	0.90	1.106	0.664	1.106	0.000
	Valori massimi			1.405	0.843	1.405	0.000

Travetto, combinazione di carico No 5**Taglio, Fv=1.264 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare, $b_{ef}=0.67 \times 75=50 \text{ mm}$, $h=125 \text{ mm}$, $A=6250 \text{ mm}^2$

Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$ (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3)

$f_{vk}=3.80 \text{ N/mm}^2$, $f_{vd}=K_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M = 0.90 \times 3.80 / 1.50 = 2.28 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.2.14)

$F_v=1.264 \text{ kN}$, $\tau_{v0d}=1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 1.264 / 6250 = 0.30 \text{ N/mm}^2 < 2.28 \text{ N/mm}^2 = f_{v0d}$ (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 5**Taglio, Fv=0.759 kN** (EC5 §6.1.7)

Sezione rettangolare, $b_{ef}=0.67 \times 125=84 \text{ mm}$, $h=75 \text{ mm}$, $A=6300 \text{ mm}^2$

Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$ (Tab.3.1), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (Tab. 2.3)

$f_{vk}=3.80 \text{ N/mm}^2$, $f_{vd}=K_{mod} \cdot f_{vk} / \gamma_M = 0.90 \times 3.80 / 1.50 = 2.28 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.2.14)

$F_v=0.759 \text{ kN}$, $\tau_{v0d}=1.50 F_{v0d} / A_{netto} = 1000 \times 1.50 \times 0.759 / 6300 = 0.18 \text{ N/mm}^2 < 2.28 \text{ N/mm}^2 = f_{v0d}$ (Eq.6.13)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 5**Flessione, Myd=1.264 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.1.6)

Sezione rettangolare, $b=75 \text{ mm}$, $h=125 \text{ mm}$, $A=9.375 \text{ E}+003 \text{ mm}^2$, $W_y=1.953 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$, $W_z=1.172 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$ (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008)

$f_{myk}=22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 22.00 / 1.50 = 13.20 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 22.00 / 1.50 = 13.20 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2))

$\sigma_{myd}=M_{yd}/W_{my,netto}=1 \text{ E}+06 \times 1.264 / 1.953 \text{ E}+005 = 6.47 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{mzd}=M_{zd}/W_{mz,netto}=1 \text{ E}+06 \times 0.000 / 1.172 \text{ E}+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{myd}/f_{myd} + K_m \cdot \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.490 + 0.000 = 0.49 < 1$ (EC5 Eq.6.11)

$K_m \cdot \sigma_{myd}/f_{myd} + \sigma_{mzd}/f_{mzd} = 0.343 + 0.000 = 0.34 < 1$ (EC5 Eq.6.12)

La verifica è soddisfatta

Travetto, combinazione di carico No 5**Stabilità laterale, Myd=1.264 kNm, Mzd=0.000 kNm** (EC5 §6.3.3)

Sezione rettangolare, $b=75 \text{ mm}$, $h=125 \text{ mm}$, $A=9.375 \text{ E}+003 \text{ mm}^2$, $W_y=1.953 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$, $W_z=1.172 \text{ E}+005 \text{ mm}^3$

Coefficiente di correzione $K_{mod}=0.90$ (DM2008 T.4.4.IV), coefficiente del materiale $\gamma_M=1.50$ (DM2008)

$f_{c0k}=20.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{c0d}=K_{mod} \cdot f_{c0k} / \gamma_M = 0.90 \times 20.00 / 1.50 = 12.00 \text{ N/mm}^2$

$f_{myk}=22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{myd}=K_{mod} \cdot f_{myk} / \gamma_M = 0.90 \times 22.00 / 1.50 = 13.20 \text{ N/mm}^2$

$f_{mzk}=22.00 \text{ N/mm}^2$, $f_{mzd}=K_{mod} \cdot f_{mzk} / \gamma_M = 0.90 \times 22.00 / 1.50 = 13.20 \text{ N/mm}^2$

Sezione rettangolare $K_m=0.70$ (EC5 §6.1.6.(2))
 $\sigma_{myd} = M_{yd}/W_{my, netto} = 1E+06 \times 1.264 / 1.953E+005 = 6.47 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{mzd} = M_{zd}/W_{mz, netto} = 1E+06 \times 0.000 / 1.172E+005 = 0.00 \text{ N/mm}^2$

Lunghezza libera di inflessione S_k

$S_{ky} = 1.00 \times 4.000 = 4.000 \text{ m} = 4000 \text{ mm}$

$S_{kz} = 0.00 \times 4.000 = 0.000 \text{ m} = 0 \text{ mm}$

Snellezza

$i_y = \sqrt{I_y/A} = 0.289 \times 125 = 36 \text{ mm}$, $\lambda_y = 4000 / 36 = 111.11$

$i_z = \sqrt{I_z/A} = 0.289 \times 75 = 22 \text{ mm}$, $\lambda_z = 0 / 22 = 0.00$

$\sigma_{m, crit} = 0.78 \cdot b^2 \cdot E_{005} / (h \cdot L_{ef}) = 0.78 \times 75^2 \times 6700 / (125 \times 3600) = 65.32 \text{ N/mm}^2$ (EC5 Eq.6.32)

Tensioni critiche

$\sigma_{m, crity} = 65.32 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, my} = \sqrt{f_{myk} / \sigma_{m, crity}} = 0.58$ (EC5 Eq.6.30)

$\sigma_{m, critz} = 200.00 \text{ N/mm}^2$, $\lambda_{rel, mz} = \sqrt{f_{mzk} / \sigma_{m, critz}} = 0.00$ (EC5 Eq.6.30)

$\lambda_{rel, my} = 0.58$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{crity} = 1.00$ (EC5 Eq.6.34)

$\lambda_{rel, mz} = 0.00$, ($\lambda_{rel} \leq 0.75$), $K_{critz} = 1.00$ (EC5 Eq.6.34)

$\sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + K_m \cdot \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.490 + 0.000 = 0.49 < 1$ (EC5 Eq.6.33)

$K_m \cdot \sigma_{myd} / (K_{crity} \cdot f_{myd}) + \sigma_{mzd} / (K_{critz} \cdot f_{mzd}) = 0.343 + 0.000 = 0.34 < 1$ (EC5 Eq.6.33)

La verifica è soddisfatta

