

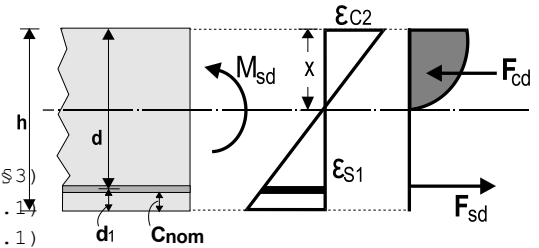
## 1. SOLETTA-01

### Sezione della soletta inflessa

(EC2 EN1992-1-1:2004, UNI EN1990-1-1:2004, )

**h=0.200 m, Med=110.00 kNm**

Classe del CA : C25/30-B450C (EC2 §3)  
 Classe di esposizione ambientale : XC3 (EC2 §4.4.1)  
 Copriferro : Cnom=30 mm (EC2 §4.4.1)  
 $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (EC2 Tabella 2.1N)  
 $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \times 25 / 1.50 = 14.17$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1.15 = 391$  MPa (EC2 §3.2.7)



### 1.1. Dimensioni e carichi

Spessore della soletta  $h=0.200$  m, Momento flettente  $Med=110.00$  kNm (ULS),  $Med=70.00$  kNm (SLS)  
 Spessore efficace della sezione  $d=h-d_1$ ,  $d_1=Cnom+\varnothing/2=30+12/2=36$  mm,  $d=200-36=164$  mm

### 1.2. Stato limite ultimo (SLU), Progettazione per flessione (EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

$Med(ULS)=110.00$  kNm/m

Dimensionamento per flessione: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)  
 $(\sigma_c = f_{cd} [1 - (1 - \epsilon_c / \epsilon_{c2})^2])$ ,  $f_{cd}=14.17$  MPa,  $\epsilon_{c2}=0.0020$ ,  $\epsilon_{cu2}=0.0035$ ,  $f_{yd}=391$  MPa

$Med=110.00$  kNm/m,  $d=164$  mm,  $K_d=1.56$   $x/d=0.44$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-3.5/4.5$   $k_s=3.12$ ,  **$As=20.95$  cm<sup>2</sup>/m**

Armatura minima della soletta,  $As \geq 0.26 b d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $As=2.46$  cm<sup>2</sup>/m) (EC2 §9.3.1)

minima armatura principale  $\varnothing 12/40.0$  (2.82 cm<sup>2</sup>/m), secondaria  $\varnothing 12/27.0$  (4.19 cm<sup>2</sup>/m)

**Soletta armatura principale  $\varnothing 12/5.0$  (22.60 cm<sup>2</sup>/m), secondaria  $\varnothing 12/27.0$  (4.19 cm<sup>2</sup>/m)**

#### 1.2.1. Portata del momento ultimo della sezione

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

$b=1000$  mm,  $h=200$  mm,  $d=164$  mm,  $As1=2260$  mm<sup>2</sup>

$\epsilon_{c2}=-3.50$ ‰,  $\epsilon_{s1}=3.94$ ‰,  $As1/b \cdot d=0.01380$  (1.380%)

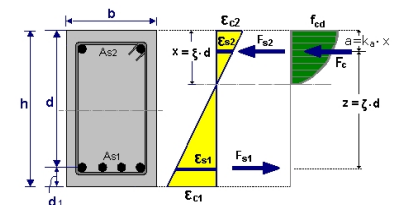
$x/d=\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})=3.50/(3.50+3.94)=0.470$ ,  $x=77.2$  mm

$\alpha_r=0.810$ ,  $k_a=0.416$ ,  $F_c=\alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}=F_{s1}=884.99$  kN,  $As1=F_{s1}/f_{yd}=2263$  mm<sup>2</sup>/m

$z=d-k_a \cdot x=([1-k_a \cdot \epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})]d)$ ,  $z/d=1.0-0.416 \times 0.470=0.804$ ,  $z=131.9$  mm,

$K_d^2=1/(0.810 \cdot 0.470 \cdot 0.804 \cdot 14.17)=0.230$  mm<sup>2</sup>/N,  $K_d=0.480$

Resistenza alla flessione  $M_r=b \cdot d^2 / K_d^2=0.000001 \times 1000 \times 164^2 / 0.230=117.00$  kNm



### 1.3. Stato limite di Esercizio (SLE)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$Med(SLS)=70.00$  kNm/m

Coefficiente di deformazione finale  $\phi(\infty, t_0)=2.70$

(EC2 §3.1.4, Annessi B)

Tensione di ritiro totale  $\epsilon_{cs}=-0.30$ ‰

$\gamma_c=1.00$ ,  $\gamma_s=1.00$

(EC2 §2.4.2.4.2)

Modulo elasticità del calcestruzzo  $E_{cm}=31$  GPa,  $E_{c,eff}=31/(1+2.70)=8.24$  GPa=8240 MPa

(EC2 Eq.7.20)

Modulo elasticità dell'acciaio  $E_s=200$  GPa=200000 MPa

Rapporto modulare  $\alpha_e=E_s/E_c=200/30.50=6.56$ , effettivo  $\alpha_e=E_s/E_{c,eff}=200/8.24=24.27$

Armatura di tensione:  $\varnothing 12/50$

Rapporto di armature  $\rho=As1/(b \cdot d)=2260/(1000 \times 164)=0.014$

#### 1.3.1. Stato I (sezione non fessurata) (SLE)

Rigidezza flessionale della sezione non fessurata,  $EI=(200/24.27) \times (0.001 \times 0.667)=5494$  kNm<sup>2</sup>

$S=As \cdot z_{s1}=(0.001)^2 \times 2260 \times 0.064=(0.001) \times 0.145$  m<sup>3</sup>

(EC2 Eq.7.21)

Curvatura dovuta al momento  $1/r_M=70.000/5494=(0.001) \times 12.742$  (1/m)

Curvatura dovuta al ritiro  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 24.270 \times (0.145/0.667)=(0.001) \times 1.580$  (1/m)

Curvatura totale  $1/r=(0.001) \times 12.742+(0.001) \times 1.580=(0.001) \times 14.321$  (1/m)

Momento di fessurazione,  $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6 \times (0.667/0.100)=17.33$  kNm

**1.3.2. Stato II (sezione completamente fessurata) (SLE)**

$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.014$ ,  $n \cdot \alpha_e = 24.27$ ,  $n \cdot \rho = 0.340$ ,  $\xi = 0.366$ ,  $\alpha = 0.552$ ,  $x = \alpha \cdot d = 0.091m$   
 Rigidezza flessionale della sezione completamente fessurata,  $EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0.366 \times 200 \times 2260 \times 0.164^2 = 4$   
 $S = A_s \cdot z_{sl} = (0.001)^2 \times 2260 \times 0.073 = (0.001) \times 0.166 \text{ m}^3$  (EC2 Eq.7.21)  
 Curvatura dovuta al momento  $1/r_M = 70.000 / 4446 = (0.001) \times 15.745 \text{ (1/m)}$   
 Curvatura dovuta al ritiro  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 24.270 \times (0.166 / 0.540) = (0.001) \times 1.814 \text{ (1/m)}$   
 Curvatura totale  $1/r = (0.001) \times 15.745 + (0.001) \times 1.814 = (0.001) \times 17.559 \text{ (1/m)}$   
 $Med = 70.00 \text{ kNm}$ ,  $\epsilon_c / \epsilon_s = 1.42 / 1.16$ ,  $x = 91mm$ ,  $\sigma_s = 231 \text{ N/mm}^2$

**1.3.3. Verifica deformazione da calcolo (SLE)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta = 1 - 0.50 \cdot (M_{cr} / Med)^2 = 1 - 0.50 \times (17.33 / 70.00)^2 = 0.97$  (Eq.7.19)  
 Curvatura finale  $(1/r) = 0.97 \times (0.001 \times 17.559) + (1 - 0.97) \times (0.001 \times 14.321) = (0.001) \times 17.460 \text{ (1/m)}$  (Eq.7.18)

**1.3.4. Area minima di armatura (SLE)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Aree minime di armatura  $A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Eq.7.1)  
 $b = 1.000m$ ,  $b_{eff} = 1.000m$ ,  $h = 0.200m$ ,  $d = 0.164m$ ,  $x = 0.091m$ ,  $\emptyset = 12mm$   
 $Ned = 0.00kN$ ,  $\sigma_c = (Ned / bh) = 0.0N/mm^2$ ,  $\sigma_s = 231N/mm^2$   
 $A_{ct} = (h - x) \cdot b = (200 - 91) \times 1000 = 109496 \text{ mm}^2$   
 $\max(h, b_1) = 0mm$ ,  $f_{ctm} = 2.60N/mm^2$ ,  $A_{c,eff} = 109496mm^2$ ,  $k = 1.00$ ,  $k_c = 0.40$ ,  $k_1 = 1.50$   
 Armatura minima,  $A_{s,min} = 0.40 \times 1.00 \times 2.60 \times 109496 / 231 = 492mm^2/m$

**1.3.5. Calcolo dell'ampiezza della fessurazione (SLE)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$  (EC2 Eq.7.8)  
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s = 231N/mm^2$ , carico a breve termine:  $\alpha_e = 6.56$ ,  $k_t = 0.6$ , carico a lungo termine:  $\alpha_e = 24.27$ ,  $k_t = 0.4$   
 $A_{c,eff} = 0.333(h - x)b = 0.333 \times (200 - 91) \times 1000 = 36462 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} = 2260 / 36462 = 0.062$   
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [231 - 0.4 \times (2.6 / 0.062) (1 + 24.27 \times 0.062)] / 200 = 0.95 \text{ o/o} \geq 0.6 \times 231 / 200 = 0.69 \text{ o/o}$   
 $s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset / \rho_{eff}$  (EC2 Eq.7.11)  
 $\emptyset = 12mm$ ,  $k_1 = 0.8$ ,  $k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5$ ,  $k_3 = 3.4$ ,  $k_4 = 0.425$   
 $s_{r,max} = 3.4 \times 30.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12 / 0.062 = 134.91 \text{ mm}$   
 $w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 134.91 \times 0.001 \times 0.95 = 0.13 \text{ mm}$