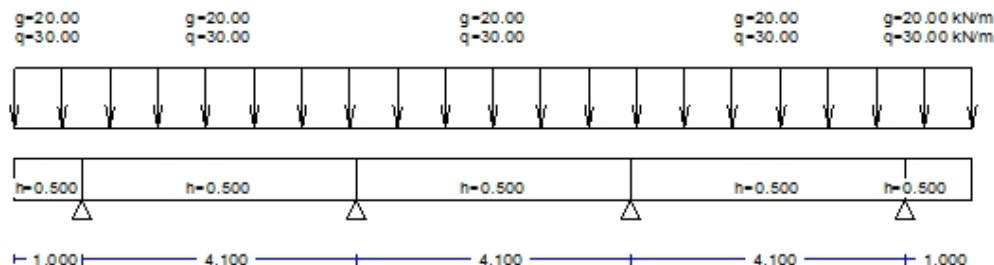


## 1. TRAVE-06

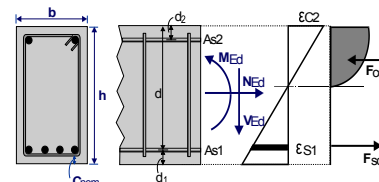
### Trave continua con carichi distribuiti

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

C25/30 - B450C



Classe del CA : C25/30-B450C (EC2 §3)  
 Classe di esposizione ambientale : XC2 (EC2 §4.4.1)  
 Copriferro : Cnom=30 mm (EC2 §4.4.1)  
 Peso CLS : 25.0 kN/m<sup>3</sup>  
 $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (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

Trave continua (sezione rettangolare), numero di campate=3

Fattori parziali di sicurezza per l'azioni:  $\gamma_G=1.30$ ,  $\gamma_Q=1.50$  (EC0 Annessi A1)

Combinazioni delle azioni variabili :  $\psi_0=0.70$ ,  $\psi_1=0.60$ ,  $\psi_2=0.30$

Spessore efficace della sezione  $d=h-d_1$ ,  $d_1=C_{nom}+\phi_s+0.5\phi=30+8+0.5 \times 16=46$  mm

Luci, larghezze, spessori, carico sulle campate ( $g$ =peso proprio+permanente,  $q$ =variabile)

Mens-1  $L=1.00$  m  $b_w=0.300$  m  $b_{eff}=0.300$  m  $h=0.500$  m  $g=3.75+20.00=23.75$  kN/m  $q=30.00$  kN/m

Luce-1  $L=4.10$  m  $b_w=0.300$  m  $b_{eff}=0.300$  m  $h=0.500$  m  $g=3.75+20.00=23.75$  kN/m  $q=30.00$  kN/m

Luce-2  $L=4.10$  m  $b_w=0.300$  m  $b_{eff}=0.300$  m  $h=0.500$  m  $g=3.75+20.00=23.75$  kN/m  $q=30.00$  kN/m

Luce-3  $L=4.10$  m  $b_w=0.300$  m  $b_{eff}=0.300$  m  $h=0.500$  m  $g=3.75+20.00=23.75$  kN/m  $q=30.00$  kN/m

Mens-2  $L=1.00$  m  $b_w=0.300$  m  $b_{eff}=0.300$  m  $h=0.500$  m  $g=3.75+20.00=23.75$  kN/m  $q=30.00$  kN/m

### 1.2. Stato limite ultimo (SLU), Progettazione per flessione

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.3.1)

Carico (STR) Luce-1  $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.30g + 1.50q = 1.30 \times 23.75 + 1.50 \times 30.00 = 75.88$  kN/m

Carico (STR) Luce-2  $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.30g + 1.50q = 1.30 \times 23.75 + 1.50 \times 30.00 = 75.88$  kN/m

Carico (STR) Luce-3  $q_{ed}=\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.30g + 1.50q = 1.30 \times 23.75 + 1.50 \times 30.00 = 75.88$  kN/m

Parametri della sezione (area  $A$ , momento d'inerzia  $I_{yy}$ , baricentro  $z_c$ )

Mens-1  $L=1.000$  m,  $A=0.15000$  m<sup>2</sup> ( $1.50E+005$  mm<sup>2</sup>),  $I_{yy}=0.00313$  m<sup>4</sup> ( $3.13E+009$  mm<sup>4</sup>),  $z_c=0.000$  m (0 mm)

Luce-1  $L=4.100$  m,  $A=0.15000$  m<sup>2</sup> ( $1.50E+005$  mm<sup>2</sup>),  $I_{yy}=0.00313$  m<sup>4</sup> ( $3.13E+009$  mm<sup>4</sup>),  $z_c=0.000$  m (0 mm)

Luce-2  $L=4.100$  m,  $A=0.15000$  m<sup>2</sup> ( $1.50E+005$  mm<sup>2</sup>),  $I_{yy}=0.00313$  m<sup>4</sup> ( $3.13E+009$  mm<sup>4</sup>),  $z_c=0.000$  m (0 mm)

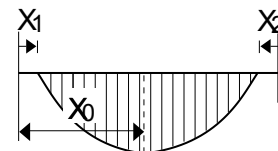
Luce-3  $L=4.100$  m,  $A=0.15000$  m<sup>2</sup> ( $1.50E+005$  mm<sup>2</sup>),  $I_{yy}=0.00313$  m<sup>4</sup> ( $3.13E+009$  mm<sup>4</sup>),  $z_c=0.000$  m (0 mm)

Mens-2  $L=1.000$  m,  $A=0.15000$  m<sup>2</sup> ( $1.50E+005$  mm<sup>2</sup>),  $I_{yy}=0.00313$  m<sup>4</sup> ( $3.13E+009$  mm<sup>4</sup>),  $z_c=0.000$  m (0 mm)

**1.3. Forze di taglio e momenti flettenti**

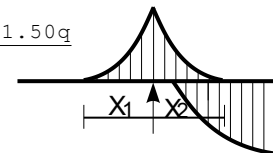
Momenti flettenti massimi per le combinazioni di carico 1.30g+1.50q

Mens-1, Med= -37.94 kNm,  $x_0=1.000$  m,  $x_1=0.000$  m,  $x_2=0.000$  m  
 Luce-1, Med= 113.82 kNm,  $x_0=1.820$  m,  $x_1=0.088$  m,  $x_2=0.548$  m  
 Luce-2, Med= 78.07 kNm,  $x_0=2.050$  m,  $x_1=0.615$  m,  $x_2=0.615$  m  
 Luce-3, Med= 113.82 kNm,  $x_0=2.280$  m,  $x_1=0.548$  m,  $x_2=0.088$  m  
 Mens-2, Med= -37.94 kNm,  $x_0=0.000$  m,  $x_1=0.000$  m,  $x_2=0.000$  m



Momenti flettenti massimi agli appoggi per le combinazioni di carico 1.30g+1.50q

Appoggio-0, Med= -37.94 kNm,  $x_1=1.000$  m,  $x_2=0.289$  m  
 Appoggio-1, Med=-137.07 kNm,  $x_1=0.909$  m,  $x_2=1.044$  m  
 Appoggio-2, Med=-137.07 kNm,  $x_1=1.044$  m,  $x_2=0.909$  m  
 Appoggio-3, Med= -37.94 kNm,  $x_1=0.289$  m,  $x_2=1.000$  m



Forze massime di taglio per le combinazioni di carico 1.30g+1.50q

Mens-1, Ved,sinistra= 0.00 kN, Ved,destra= -75.88 kN  
 Luce-1, Ved,sinistra= 138.11 kN, Ved,destra=-185.21 kN  
 Luce-2, Ved,sinistra= 170.92 kN, Ved,destra=-170.92 kN  
 Luce-3, Ved,sinistra= 185.21 kN, Ved,destra=-138.11 kN  
 Mens-2, Ved,sinistra= 75.88 kN, Ved,destra= 0.00 kN

Reazioni massime dovute ai carichi permanenti e accidentali (Rg e Rq)

Appoggio-0, Rg( $x_{1.30}$ )= 86.03 kN, Rq( $x_{1.50}$ )= 131.90 kN  
 Appoggio-1, Rg( $x_{1.30}$ )= 134.73 kN, Rq( $x_{1.50}$ )= 221.40 kN  
 Appoggio-2, Rg( $x_{1.30}$ )= 134.73 kN, Rq( $x_{1.50}$ )= 221.40 kN  
 Appoggio-3, Rg( $x_{1.30}$ )= 86.03 kN, Rq( $x_{1.50}$ )= 131.90 kN

**1.4. Azioni di progetto, forze di taglio e momenti flettenti**

Valori delle azioni di progetto dopo la ridistribuzione del momento per 0% (EC2 §5.5)

Riduzione dei valori agli appoggi a valori alle sezioni sugli appoggi ( $b_{sup}=0.20$  m) (EC2 §5.3.2.2)

Controllo per i valori minimi, ( $0.65q_l^2/8$  or  $0.65q_l^2/12$ ) (EC2 §5.3.2.2.3N)

Momenti massimi per flessione e forze di taglio per le combinazioni di carico 1.30g+1.50q

Mens-1, Med= -30.35 kNm, Ved,sinistra= 7.59 kN, Ved,destra= -68.29 kN  
 Luce-1, Med= 113.82 kNm, Ved,sinistra= 130.52 kN, Ved,destra=-177.62 kN  
 Luce-2, Med= 78.07 kNm, Ved,sinistra= 163.33 kN, Ved,destra=-163.33 kN  
 Luce-3, Med= 113.82 kNm, Ved,sinistra= 177.62 kN, Ved,destra=-130.52 kN  
 Mens-2, Med= -30.35 kNm, Ved,sinistra= 68.29 kN, Ved,destra= 7.59 kN

Momenti flettenti massimi agli appoggi per le combinazioni di carico 1.30g+1.50q

Appoggio-0, Med= -30.35 kNm,  $x_1=1.000$  m,  $x_2=0.289$  m  
 Appoggio-1, Med=-119.97 kNm,  $x_1=0.909$  m,  $x_2=1.044$  m  
 Appoggio-2, Med=-119.97 kNm,  $x_1=1.044$  m,  $x_2=0.909$  m  
 Appoggio-3, Med= -30.35 kNm,  $x_1=0.289$  m,  $x_2=1.000$  m

Forze di taglio massime alla distanza d dalla sezione di appoggio 1.30g+1.50q

Mens-1,  $b/2+d=0.554$  m,  $1.30g+1.50q=75.88$  kN/m, VedA= 0.00 kN, VedB= 33.84 kN  
 Luce-1,  $b/2+d=0.554$  m,  $1.30g+1.50q=75.88$  kN/m, VedA= 96.07 kN, VedB= 143.17 kN  
 Luce-2,  $b/2+d=0.554$  m,  $1.30g+1.50q=75.88$  kN/m, VedA= 128.88 kN, VedB= 128.88 kN  
 Luce-3,  $b/2+d=0.554$  m,  $1.30g+1.50q=75.88$  kN/m, VedA= 143.17 kN, VedB= 96.07 kN  
 Mens-2,  $b/2+d=0.554$  m,  $1.30g+1.50q=75.88$  kN/m, VedA= 33.84 kN, VedB= 0.00 kN

**1.5. Stato limite ultimo (SLU), Progettazione per flessione**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.2.1)

**Luce-1**

Spessore efficace della sezione  $d_1=C_{nom}+\phi_s+0.5\phi=30+8+0.5\times 16=46$  mm,  $d_2=46$  mm,  $d=500-46=454$  mm

Armatura per flessione (solo l'armatura in trazione è necessaria)

Med=113.82 kNm  $b_w=300$  mm  $d=454$  mm  $K_d=2.33$   $x/d=0.17$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-3.5/16.7$   $k_s=2.76$ ,

**As1= 6.91 cm<sup>2</sup>**

Armat. minima longitudinale in trazione,  $A_s \geq 0.26 b d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min}=2.05$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.1)

Armat. massima in trazione o compressione,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s,max}=60.00$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.3)

**Armatura per flessione: 2Ø16+2Ø14 (7.10 cm<sup>2</sup>) (basso)**

**Luce-2**

Spessore efficace della sezione  $d_1 = C_{nom} + \phi_s + 0.5\phi = 30 + 8 + 0.5 \times 16 = 46 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 46 \text{ mm}$ ,  $d = 500 - 46 = 454 \text{ mm}$   
 Armatura per flessione (solo l'armatura in trazione è necessaria)  
 $M_{ed} = 78.07 \text{ kNm}$   $b_w = 300 \text{ mm}$   $d = 454 \text{ mm}$   $K_d = 2.81$   $x/d = 0.12$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1} = -2.8/20.0$   $k_s = 2.69$ , **As1 = 4.63 cm<sup>2</sup>**  
 Armat. minima longitudinale in trazione,  $A_s \geq 0.26 b_d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min} = 2.05 \text{ cm}^2$ )  
 Armat. massima in trazione o compressione,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s,max} = 60.00 \text{ cm}^2$ )  
**Armatura per flessione: 5Ø12 ( 5.65 cm<sup>2</sup>) (basso)**

**Luce-3**

Spessore efficace della sezione  $d_1 = C_{nom} + \phi_s + 0.5\phi = 30 + 8 + 0.5 \times 16 = 46 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 46 \text{ mm}$ ,  $d = 500 - 46 = 454 \text{ mm}$   
 Armatura per flessione (solo l'armatura in trazione è necessaria)  
 $M_{ed} = 113.82 \text{ kNm}$   $b_w = 300 \text{ mm}$   $d = 454 \text{ mm}$   $K_d = 2.33$   $x/d = 0.17$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1} = -3.5/16.7$   $k_s = 2.76$ , **As1 = 6.91 cm<sup>2</sup>**  
 Armat. minima longitudinale in trazione,  $A_s \geq 0.26 b_d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min} = 2.05 \text{ cm}^2$ )  
 Armat. massima in trazione o compressione,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s,max} = 60.00 \text{ cm}^2$ )  
**Armatura per flessione: 2Ø16+2Ø14 ( 7.10 cm<sup>2</sup>) (basso)**

**Appoggio-0**

Spessore efficace della sezione  $d_1 = C_{nom} + \phi_s + 0.5\phi = 30 + 8 + 0.5 \times 16 = 46 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 46 \text{ mm}$ ,  $d = 500 - 46 = 454 \text{ mm}$   
 Armatura per flessione (solo l'armatura in trazione è necessaria)  
 $M_{ed} = -30.35 \text{ kNm}$   $b_w = 300 \text{ mm}$   $d = 454 \text{ mm}$   $K_d = 4.51$   $x/d = 0.07$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1} = -1.4/20.0$   $k_s = 2.62$ , **As2 = 1.75 cm<sup>2</sup>**  
 Armat. minima longitudinale in trazione,  $A_s \geq 0.26 b_d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min} = 2.05 \text{ cm}^2$ ) (EC2 §9.2.1.1.1)  
 Armat. massima in trazione o compressione,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s,max} = 60.00 \text{ cm}^2$ ) (EC2 §9.2.1.1.3)  
**Armatura per flessione: 4Ø10 ( 3.14 cm<sup>2</sup>) (alto)**

**Appoggio-1**

Spessore efficace della sezione  $d_1 = C_{nom} + \phi_s + 0.5\phi = 30 + 8 + 0.5 \times 16 = 46 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 46 \text{ mm}$ ,  $d = 500 - 46 = 454 \text{ mm}$   
 Armatura per flessione (solo l'armatura in trazione è necessaria)  
 $M_{ed} = -119.97 \text{ kNm}$   $b_w = 300 \text{ mm}$   $d = 454 \text{ mm}$   $K_d = 2.27$   $x/d = 0.18$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1} = -3.5/15.6$   $k_s = 2.77$ , **As2 = 7.32 cm<sup>2</sup>**  
 Armat. minima longitudinale in trazione,  $A_s \geq 0.26 b_d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min} = 2.05 \text{ cm}^2$ )  
 Armat. massima in trazione o compressione,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s,max} = 60.00 \text{ cm}^2$ )  
**Armatura per flessione: 3Ø16+1Ø14 ( 7.57 cm<sup>2</sup>) (alto)**

**Appoggio-2**

Spessore efficace della sezione  $d_1 = C_{nom} + \phi_s + 0.5\phi = 30 + 8 + 0.5 \times 16 = 46 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 46 \text{ mm}$ ,  $d = 500 - 46 = 454 \text{ mm}$   
 Armatura per flessione (solo l'armatura in trazione è necessaria)  
 $M_{ed} = -119.97 \text{ kNm}$   $b_w = 300 \text{ mm}$   $d = 454 \text{ mm}$   $K_d = 2.27$   $x/d = 0.18$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1} = -3.5/15.6$   $k_s = 2.77$ , **As2 = 7.32 cm<sup>2</sup>**  
 Armat. minima longitudinale in trazione,  $A_s \geq 0.26 b_d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min} = 2.05 \text{ cm}^2$ )  
 Armat. massima in trazione o compressione,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s,max} = 60.00 \text{ cm}^2$ )  
**Armatura per flessione: 3Ø16+1Ø14 ( 7.57 cm<sup>2</sup>) (alto)**

**Appoggio-3**

Spessore efficace della sezione  $d_1 = C_{nom} + \phi_s + 0.5\phi = 30 + 8 + 0.5 \times 16 = 46 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 46 \text{ mm}$ ,  $d = 500 - 46 = 454 \text{ mm}$   
 Armatura per flessione (solo l'armatura in trazione è necessaria)  
 $M_{ed} = -30.35 \text{ kNm}$   $b_w = 300 \text{ mm}$   $d = 454 \text{ mm}$   $K_d = 4.51$   $x/d = 0.07$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1} = -1.4/20.0$   $k_s = 2.62$ , **As2 = 1.75 cm<sup>2</sup>**  
 Armat. minima longitudinale in trazione,  $A_s \geq 0.26 b_d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min} = 2.05 \text{ cm}^2$ )  
 Armat. massima in trazione o compressione,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s,max} = 60.00 \text{ cm}^2$ )  
**Armatura per flessione: 4Ø10 ( 3.14 cm<sup>2</sup>) (alto)**

**1.6. Stato limite ultimo (SLU), Progettazione per rottura a tagli (EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)****Luce-0 a destra**

Resistenza a taglio senza armatura a taglio  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ ,  $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a,b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 454 \text{ mm}$ ,  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.66$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.37) \times 300 \times 454 = 50.39 \text{ kN}$ ,  $v_{min} = 0.035 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Eq.6.3N)  
 $\rho_l = 314 / (300 \times 454) = 0.0023$ ,  $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.66 \times (0.23 \times 25.00)^{0.33}] \times 300 \times 454 = 48.61$ ,  $V_{rdc} = V_{rdc(min)}$   
 $V_{ed} = 33.84 \text{ kN} \leq V_{rdc} = 50.39 \text{ kN}$ , **Ved < Vrdc armatura a taglio non necessaria**

**Capacità del puntone di CLS  $V_{rdmax}$** 

(EC2 §6.2.3 Eq.6.9)

$V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_l \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax}) = 0.15$ ,  $\theta = 21.8^\circ$   $\cot \theta = 2.50$   $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$   $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 25.0 \leq 60 \text{ MPa}$   $v_l = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 25/250] = 0.540$ ,  $f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 454 \times 0.540 \times 14.17 / 2.90 = 323.4 \text{ kN}$

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 §9.2.2)  
 Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
 Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)  
 Armatura minima a taglio staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Luce-0 a destra Armatura a taglio: staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

#### Luce-1 a sinistra

Resistenza a taglio senza armatura a taglio  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ ,  $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a,b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 454 \text{ mm}$ ,  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.66$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.37) \times 300 \times 454 = 50.39 \text{ kN}$ ,  $v_{min} = 0.035 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Eq.6.3N)  
 $\rho_1 = 314 / (300 \times 454) = 0.0023$ ,  $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.66 \times (0.23 \times 25.00)^{0.33}] \times 300 \times 454 = 48.61$ ,  $V_{rdc} = V_{rdc(min)}$   
 $V_{ed} = 96.07 \text{ kN} > V_{rdc} = 50.39 \text{ kN}$ ,  **$V_{ed} > V_{rdc}$  armatura a taglio necessaria**

Capacità del puntone di CLS  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax}) = 0.28$ ,  $\theta = 21.8^\circ$   $\cot \theta = 2.50$   $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$   $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 25.0 \leq 60 \text{ MPa}$   $v_1 = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 25/250] = 0.540$ ,  $f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 454 \times 0.540 \times 14.17 / 2.90 = 323.4 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 130.5 \text{ kN} < 323.4 \text{ kN} = V_{rdmax}$ , la verifica è soddisfatta

Armatura a taglio delle staffe verticali (EC2 §6.2.3 Eq.6.8)  
 $V_{rds} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ ,  $V_{rds} = 96.07 \text{ kN}$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ywd} = 0.8 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $\cot \theta = 2.50$   
 $A_{sw}/s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot 21.8^\circ) = (1.0 \text{ E} + 006) \times 96.07 / (0.9 \times 454 \times 360 \times 2.50) = 261 \text{ mm}^2/\text{m}$  ( $A_{sw}/s = 2.61 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  
 Armatura a taglio richiesta: ( $A_{sw}/s = 2.61 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 §9.2.2)  
 Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
 Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)  
 Armatura minima a taglio staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Luce-1 a sinistra Armatura a taglio: staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

#### Luce-1 a destra

Resistenza a taglio senza armatura a taglio  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ ,  $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a,b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 454 \text{ mm}$ ,  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.66$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.37) \times 300 \times 454 = 50.39 \text{ kN}$ ,  $v_{min} = 0.035 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Eq.6.3N)  
 $\rho_1 = 757 / (300 \times 454) = 0.0056$ ,  $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.66 \times (0.56 \times 25.00)^{0.33}] \times 300 \times 454 = 65.39 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 143.17 \text{ kN} > V_{rdc} = 65.39 \text{ kN}$ ,  **$V_{ed} > V_{rdc}$  armatura a taglio necessaria**

Capacità del puntone di CLS  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax}) = 0.38$ ,  $\theta = 21.8^\circ$   $\cot \theta = 2.50$   $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$   $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 25.0 \leq 60 \text{ MPa}$   $v_1 = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 25/250] = 0.540$ ,  $f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 454 \times 0.540 \times 14.17 / 2.90 = 323.4 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 177.6 \text{ kN} < 323.4 \text{ kN} = V_{rdmax}$ , la verifica è soddisfatta

Armatura a taglio delle staffe verticali (EC2 §6.2.3 Eq.6.8)  
 $V_{rds} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ ,  $V_{rds} = 143.17 \text{ kN}$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ywd} = 0.8 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $\cot \theta = 2.50$   
 $A_{sw}/s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot 21.8^\circ) = (1.0 \text{ E} + 006) \times 143.17 / (0.9 \times 454 \times 360 \times 2.50) = 389 \text{ mm}^2/\text{m}$  ( $A_{sw}/s = 3.89 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  
 Armatura a taglio richiesta: ( $A_{sw}/s = 3.89 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 §9.2.2)  
 Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
 Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)  
 Armatura minima a taglio staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Luce-1 a destra Armatura a taglio: staffe  $\emptyset 8/25.5$  ( $A_{sw}/s = 3.95 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

#### Luce-2 a sinistra

Resistenza a taglio senza armatura a taglio  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ ,  $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a,b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 454 \text{ mm}$ ,  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.66$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.37) \times 300 \times 454 = 50.39 \text{ kN}$ ,  $v_{min} = 0.035 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Eq.6.3N)  
 $\rho_1 = 757 / (300 \times 454) = 0.0056$ ,  $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.66 \times (0.56 \times 25.00)^{0.33}] \times 300 \times 454 = 65.39 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 128.88 \text{ kN} > V_{rdc} = 65.39 \text{ kN}$ , **Ved > Vrdc armatura a taglio necessaria**

Capacità del puntone di CLS  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax}) = 0.35$ ,  $\theta = 21.8^\circ$ ,  $\cot \theta = 2.50$ ,  $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 25.0 \leq 60 \text{ MPa}$ ,  $v_1 = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 25/250] = 0.540$ ,  $f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 454 \times 0.540 \times 14.17 / 2.90 = 323.4 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 163.3 \text{ kN} < 323.4 \text{ kN} = V_{rdmax}$ , la verifica è soddisfatta

Armatura a taglio delle staffe verticali (EC2 §6.2.3 Eq.6.8)  
 $V_{rds} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ ,  $V_{rds} = 128.88 \text{ kN}$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ywd} = 0.8 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $\cot \theta = 2.50$   
 $A_{sw}/s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot 21.8^\circ) = (1.0 \text{ E} + 006) \times 128.88 / (0.9 \times 454 \times 360 \times 2.50) = 350 \text{ mm}^2/\text{m}$  ( $A_{sw}/s = 3.50 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  
 Armatura a taglio richiesta: ( $A_{sw}/s = 3.50 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 §9.2.2)  
 Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
 Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)  
 Armatura minima a taglio staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Luce-2 a sinistra Armatura a taglio: staffe  $\emptyset 8/28.5$  ( $A_{sw}/s = 3.53 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

#### Luce-2 a destra

Resistenza a taglio senza armatura a taglio  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ ,  $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a,b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 454 \text{ mm}$ ,  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.66$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.37) \times 300 \times 454 = 50.39 \text{ kN}$ ,  $v_{min} = 0.035 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Eq.6.3N)  
 $\rho_1 = 757 / (300 \times 454) = 0.0056$ ,  $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.66 \times (0.56 \times 25.00)^{0.33}] \times 300 \times 454 = 65.39 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 128.88 \text{ kN} > V_{rdc} = 65.39 \text{ kN}$ , **Ved > Vrdc armatura a taglio necessaria**

Capacità del puntone di CLS  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax}) = 0.35$ ,  $\theta = 21.8^\circ$ ,  $\cot \theta = 2.50$ ,  $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 25.0 \leq 60 \text{ MPa}$ ,  $v_1 = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 25/250] = 0.540$ ,  $f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 454 \times 0.540 \times 14.17 / 2.90 = 323.4 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 163.3 \text{ kN} < 323.4 \text{ kN} = V_{rdmax}$ , la verifica è soddisfatta

Armatura a taglio delle staffe verticali (EC2 §6.2.3 Eq.6.8)  
 $V_{rds} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ ,  $V_{rds} = 128.88 \text{ kN}$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ywd} = 0.8 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $\cot \theta = 2.50$   
 $A_{sw}/s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot 21.8^\circ) = (1.0 \text{ E} + 006) \times 128.88 / (0.9 \times 454 \times 360 \times 2.50) = 350 \text{ mm}^2/\text{m}$  ( $A_{sw}/s = 3.50 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  
 Armatura a taglio richiesta: ( $A_{sw}/s = 3.50 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 §9.2.2)  
 Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
 Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)  
 Armatura minima a taglio staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Luce-2 a destra Armatura a taglio: staffe  $\emptyset 8/28.5$  ( $A_{sw}/s = 3.53 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

**Luce-3 a sinistra**

Resistenza a taglio senza armatura a taglio  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ ,  $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a,b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 454 \text{ mm}$ ,  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.66$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.37) \times 300 \times 454 = 50.39 \text{ kN}$ ,  $v_{min} = 0.035 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Eq.6.3N)  
 $\rho_1 = 757 / (300 \times 454) = 0.0056$ ,  $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.66 \times (0.56 \times 25.00)^{0.33}] \times 300 \times 454 = 65.39 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 143.17 \text{ kN} > V_{rdc} = 65.39 \text{ kN}$ ,  **$V_{ed} > V_{rdc}$  armatura a taglio necessaria**

Capacità del puntone di CLS  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax}) = 0.38$ ,  $\theta = 21.8^\circ$   $\cot \theta = 2.50$   $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$   $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 25.0 \leq 60 \text{ MPa}$   $v_1 = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 25/250] = 0.540$ ,  $f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 454 \times 0.540 \times 14.17 / 2.90 = 323.4 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 177.6 \text{ kN} < 323.4 \text{ kN} = V_{rdmax}$ , la verifica è soddisfatta

Armatura a taglio delle staffe verticali (EC2 §6.2.3 Eq.6.8)  
 $V_{rds} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ ,  $V_{rds} = 143.17 \text{ kN}$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ywd} = 0.8 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $\cot \theta = 2.50$   
 $A_{sw}/s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot 21.8^\circ) = (1.0 \text{ E} + 006) \times 143.17 / (0.9 \times 454 \times 360 \times 2.50) = 389 \text{ mm}^2/\text{m}$  ( $A_{sw}/s = 3.89 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  
 Armatura a taglio richiesta: ( $A_{sw}/s = 3.89 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 §9.2.2)  
 Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
 Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340 mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)  
 Armatura minima a taglio staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Luce-3 a sinistra Armatura a taglio: staffe  $\emptyset 8/25.5$  ( $A_{sw}/s = 3.95 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

**Luce-3 a destra**

Resistenza a taglio senza armatura a taglio  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ ,  $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a,b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 454 \text{ mm}$ ,  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.66$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.37) \times 300 \times 454 = 50.39 \text{ kN}$ ,  $v_{min} = 0.035 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Eq.6.3N)  
 $\rho_1 = 314 / (300 \times 454) = 0.0023$ ,  $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.66 \times (0.23 \times 25.00)^{0.33}] \times 300 \times 454 = 48.61$ ,  $V_{rdc} = V_{rdc}(\min)$   
 $V_{ed} = 96.07 \text{ kN} > V_{rdc} = 50.39 \text{ kN}$ ,  **$V_{ed} > V_{rdc}$  armatura a taglio necessaria**

Capacità del puntone di CLS  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax}) = 0.28$ ,  $\theta = 21.8^\circ$   $\cot \theta = 2.50$   $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$   $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 25.0 \leq 60 \text{ MPa}$   $v_1 = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 25/250] = 0.540$ ,  $f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 454 \times 0.540 \times 14.17 / 2.90 = 323.4 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 130.5 \text{ kN} < 323.4 \text{ kN} = V_{rdmax}$ , la verifica è soddisfatta

Armatura a taglio delle staffe verticali (EC2 §6.2.3 Eq.6.8)  
 $V_{rds} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ ,  $V_{rds} = 96.07 \text{ kN}$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ywd} = 0.8 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$ ,  $\cot \theta = 2.50$   
 $A_{sw}/s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot 21.8^\circ) = (1.0 \text{ E} + 006) \times 96.07 / (0.9 \times 454 \times 360 \times 2.50) = 261 \text{ mm}^2/\text{m}$  ( $A_{sw}/s = 2.61 \text{ cm}^2/\text{m}$ )  
 Armatura a taglio richiesta: ( $A_{sw}/s = 2.61 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 §9.2.2)  
 Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
 Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)  
 Armatura minima a taglio staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Luce-3 a destra Armatura a taglio: staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

#### Luce-4 a sinistra

Resistenza a taglio senza armatura a taglio  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ ,  $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a,b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 300 \text{ mm}$ ,  $d = 454 \text{ mm}$ ,  $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.66$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.37) \times 300 \times 454 = 50.39 \text{ kN}$ ,  $v_{min} = 0.035 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37 \text{ N/mm}^2$  (EC2 Eq.6.3N)  
 $\rho_1 = 314 / (300 \times 454) = 0.0023$ ,  $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.66 \times (0.23 \times 25.00)^{0.33}] \times 300 \times 454 = 48.61$ ,  $V_{rdc} = V_{rdc(min)}$   
 $V_{ed} = 33.84 \text{ kN} \leq V_{rdc} = 50.39 \text{ kN}$ ,  **$V_{ed} \leq V_{rdc}$  armatura a taglio non necessaria**

Capacità del puntone di CLS  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax}) = 0.15$ ,  $\theta = 21.8^\circ$ ,  $\cot \theta = 2.50$ ,  $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 25.0 \leq 60 \text{ MPa}$ ,  $v_1 = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 25/250] = 0.540$ ,  $f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 300 \times 0.9 \times 454 \times 0.540 \times 14.17 / 2.90 = 323.4 \text{ kN}$

Staffe minimi per armatura a taglio (EC2 §9.2.2)  
 Rapporto minimo di armatura a taglio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times f_{ck})^{0.5} / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 300 \times \sin(90^\circ) = 2.70 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Distanza massima longitudinale dei staffe  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
 Distanza massima trasversale delle staffe  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{ mm}$ ) = 340mm (EC2 §9.2.2.8, Eq.9.8N)  
 Armatura minima a taglio staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Luce-4 a sinistra Armatura a taglio: staffe  $\emptyset 8/34.0$  ( $A_{sw}/s = 2.96 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

### 1.7. Stato limite di Esercizio (SLE), Luce-1

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$L = 4.100 \text{ m}$ ,  $b = 0.300 \text{ m}$ ,  $h = 0.500 \text{ m}$ ,  $d = 0.454 \text{ m}$   
 Carico (combinazione quasi-permanente)  $q_{ed} = g + \psi_2 \cdot q = 23.75 + 0.30 \times 30.00 = 32.75 \text{ kN/m}$   
 $L_{eff} = 4.100 \text{ m}$ ,  $M_{ed} = (32.75 / 75.88) \times 113.82 = 49.13 \text{ kNm}$ ,  $M_{ed}(SLS) = 49.13 \text{ kNm}$   
 Coefficiente di deformazione finale  $\phi(\infty, t_0) = 2.65$  (EC2 §3.1.4, Annessi B)  
 Tensione di ritiro totale  $\epsilon_{cs} = -0.30 \text{ o/o}$   
 $\gamma_c = 1.00$ ,  $\gamma_s = 1.00$  (EC2 §2.4.2.4.2)  
 Modulo elasticità del calcestruzzo  $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$ ,  $E_{c,eff} = 31 / (1 + 2.65) = 8.36 \text{ GPa} = 8360 \text{ MPa}$  (EC2 Eq.7.20)  
 Modulo elasticità dell'acciaio  $E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$   
 Rapporto modulare  $\alpha_e = E_s / E_{c,eff} = 200 / 8.36 = 23.92$ , effettivo  $\alpha_e = E_s / E_{c,eff} = 200 / 8.36 = 23.92$   
 Armatura di tensione: 2Ø16+2Ø14, Armatura di compressione: 2Ø14  
 Rapporto di armature  $\rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 710 / (300 \times 454) = 0.005$ ,  $\rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 308 / (300 \times 454) = 0.002$

#### 1.7.1. Stato I (sezione non fessurata) (SLE), Luce-1

Rigidità flessionale della sezione non fessurata,  $EI = (200 / 23.92) \times (0.001 \times 3.125) = 26129 \text{ kNm}^2$   
 $S = A_s \cdot z_{sl} = (0.001)^2 \times 710 \times 0.204 = (0.001) \times 0.145 \text{ m}^3$  (EC2 Eq.7.21)  
 Curvatura dovuta al momento  $1/r_M = 49.128 / 26129 = (0.001) \times 1.880$  (1/m)  
 Curvatura dovuta al ritiro  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.30) \times 23.920 \times (0.145 / 3.125) = (0.001) \times 0.333$  (1/m)  
 Curvatura totale  $1/r = (0.001) \times 1.880 + (0.001) \times 0.333 = (0.001) \times 2.213$  (1/m)  
 Momento di fessurazione,  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / \gamma_2) = 2.6 \times (3.125 / 0.250) = 32.50 \text{ kNm}$

**1.7.2. Stato II (sezione completamente fessurata) (SLE), Luce-1**

$\rho=0.005$ ,  $\rho'=0.002$ ,  $\rho'/\rho=0.400$ ,  $n=\alpha_e=23.92$ ,  $n\cdot\rho=0.120$ ,  $\xi=0.567$ ,  $\alpha=0.359$ ,  $x=\alpha\cdot d=0.163m$   
 Rigidezza flessionale della sezione completamente fessurata,  $EI=\xi\cdot E_s\cdot A_s\cdot d^2=0.567\times 200\times 710\times 0.454^2=16$   
 $S=A_s\cdot z_{sl}=(0.001)^2\times 710\times 0.291=(0.001)\times 0.207\text{ m}^3$  (EC2 Eq.7.21)  
 Curvatura dovuta al momento  $1/r_M=49.128/16585=(0.001)\times 2.962\text{ (1/m)}$   
 Curvatura dovuta al ritiro  $1/r_{cs}=(0.001\times 0.30)\times 23.92\times (0.207/1.984)=(0.001)\times 0.475\text{ (1/m)}$   
 Curvatura totale  $1/r=(0.001)\times 2.962+(0.001)\times 0.475=(0.001)\times 3.437\text{ (1/m)}$   
 $Med=49.13\text{ kNm}$ ,  $\varepsilon_c/\varepsilon_s=0.48/0.86$ ,  $x=163mm$ ,  $\sigma_s=172\text{ N/mm}^2$

**1.7.3. Verifica deformazione senza calcolo (SLE), Luce-1**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.4.2)

$1/d=K[11+1.5\sqrt{f_{ck}(\rho/\rho)+3.2\sqrt{f_{ck}(\rho/\rho-1)^{3/2}}]=24.05$  (EC2 Eq.7.16a)  
 $f_{ck}=25.00\text{ N/mm}^2$ ,  $\rho_0=0.001\times\sqrt{25.00}=0.005$ ,  $\rho=0.005$ ,  $\rho'=0.002$ ,  $\rho\leq\rho_0$ ,  $K=1.3$   
 $1/d=(310/\sigma_s)\times(1/d)$ ,  $\sigma_s=172\text{ N/mm}^2$ ,  $1/d=(310/172)\times 24.05=43.22$  (EC2 Eq.7.17)  
 $l_{eff}/d=4.100/0.454=9.03\leq 43.22$ , **Luce/profondità entro i limiti**

**1.7.4. Verifica deformazione da calcolo (SLE), Luce-1**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta=1-0.50\cdot(M_{cr}/Med)^2=1-0.50\times(32.50/49.13)^2=0.78$  (Eq.7.19)  
 Curvatura finale  $(1/r)=0.78\times(0.001\times 3.437)+(1-0.78)\times(0.001\times 2.213)=(0.001)\times 3.169\text{ (1/m)}$  (Eq.7.18)  
 $\beta=(M_a+M_b)/M_c=(0.00+119.97)/113.82=1.05$ ,  $k=0.104(1-1.05/10)=0.0930$   
 $f=k\cdot l_{eff}^2\cdot(1/r)=0.0930\times 4.100^2\times 3.169=5.0\text{ mm}$   
 $f=4.96\leq 1000\times 4.100/250=16.4\text{ mm}$ , **Deformazione entro i limiti**

**1.7.5. 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)  
 $b=0.300m$ ,  $b_{eff}=0.300m$ ,  $h=0.500m$ ,  $d=0.454m$ ,  $x=0.163m$ ,  $\emptyset=16mm$   
 $N_{ed}=0.00kN$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.0N/mm^2$ ,  $\sigma_s=172N/mm^2$   
 $A_{ct}=(h-x)\cdot b=(500-163)\times 300=101148\text{ mm}^2$   
 $\max(h,b_l)=1mm$ ,  $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $A_{c,eff}=101148mm^2$ ,  $k=0.86$ ,  $k_c=0.40$ ,  $k_l=1.50$   
 Armatura minima,  $A_{s,min}=0.40\times 0.86\times 2.60\times 101148/172=524mm^2$

**1.7.6. Controllo delle fessurazioni senza calcolo diretto (SLE), Luce**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.4)

larghezza fessura  $w_k=0.3mm$  (XC2), tensione acciaio  $\sigma_s=172N/mm^2$ ,  $\Phi^*=25mm$ ,  $\max s=250mm$  (EC2 T.7.2N)  
 $\emptyset s=\emptyset^*(f_{ctm}/2.9)[k_c\cdot h_{cr}/(2(h-d))]=25mm$  (EC2 Eq.7.6N)  
 $f_{ctm}=2.60N/mm^2$ ,  $k_c=0.40$ ,  $h_{cr}=0.5\times 500=250mm$ ,  $h=500mm$ ,  $d=454mm$   
 Diametro massimo del ferro  $\emptyset=25\text{ mm}$ , passo massimo del ferro  $s=250\text{ mm}$   
 Diametro del ferro  $\emptyset=16\leq 25\text{ mm}$ , **Diametro del ferro sotto il limite max**

**1.7.7. Calcolo dell'ampiezza della fessurazione (SLE), Luce-1**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max}\cdot(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$  (EC2 Eq.7.8)  
 $\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}=[\sigma_s-kt\cdot(f_{ct,eff}/\rho_{eff})(1+\alpha_e\cdot\rho_{eff})]/E_s\geq 0.6\sigma_s/E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s=172N/mm^2$ , carico a breve termine:  $\alpha_e=6.56$ ,  $kt=0.6$ , carico a lungo termine:  $\alpha_e=23.92$ ,  $kt=0.4$   
 $A_{c,eff}=0.333(h-x)b=0.333\times(500-163)\times 300=33682\text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff}=A_s/A_{c,eff}=710/33682=0.021$   
 $\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}=[172-0.4\times(2.6/0.021)(1+23.92\times 0.021)]/200=0.49\text{ o/o}\geq 0.6\times 172/200=0.52\text{ o/o}$   
 $s_{r,max}=k_3\cdot C_{nom}+k_1\cdot k_2\cdot k_4\cdot \emptyset/\rho_{eff}$  (EC2 Eq.7.11)  
 $\emptyset=15mm$ ,  $k_1=0.8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0.5$ ,  $k_3=3.4$ ,  $k_4=0.425$   
 $s_{r,max}=3.4\times 30.00+0.8\times 0.5\times 0.425\times 15/0.021=222.97\text{ mm}$   
 $w_k=s_{r,max}\cdot(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})=222.97\times 0.001\times 0.52=0.12\text{ mm}$   
 $w_k=0.12\text{ mm}\leq 0.30\text{ mm}=w_{max}$ , Classe di esposizione ambientale: XC2, **Ampiezza della fessurazione e**



**1.8. Stato limite di Esercizio (SLE), Luce-2**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$L=4.100\text{m}$ ,  $b=0.300\text{m}$ ,  $h=0.500\text{m}$ ,  $d=0.454\text{m}$   
 Carico (combinazione quasi-permanente)  $q_{ed}=g+\psi_2 \cdot q=23.75+0.30 \times 30.00=32.75 \text{ kN/m}$   
 $l_{eff}=4.100\text{m}$ ,  $M_{ed}=(32.75/75.88) \times 78.07=33.70 \text{ kNm}$ ,  $M_{ed}(SLS)=33.70 \text{ kNm}$   
 Coefficiente di deformazione finale  $\phi(\infty, t_0)=2.65$  (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  $E_{cm}=31\text{GPa}$ ,  $E_{c,eff}=31/(1+2.65)=8.36\text{GPa}=8360\text{MPa}$  (EC2 Eq.7.20)  
 Modulo elasticità dell'acciaio  $E_s=200\text{GPa}=200000\text{MPa}$   
 Rapporto modulare  $\alpha_e=E_s/E_{c,eff}=200/8.36=23.92$ , effettivo  $\alpha_e=E_s/E_{c,eff}=200/8.36=23.92$   
 Armatura di tensione: 5Ø12, Armatura di compressione: 2Ø10  
 Rapporto di armature  $\rho=As_1/(b \cdot d)=565/(300 \times 454)=0.004$ ,  $\rho'=As_2/(b \cdot d)=157/(300 \times 454)=0.001$

**1.8.1. Stato I (sezione non fessurata) (SLE), Luce-2**

Rigidezza flessionale della sezione non fessurata,  $EI=(200/23.92) \times (0.001 \times 3.125)=26129 \text{ kNm}^2$   
 $S=As \cdot z_{sl}=(0.001)^2 \times 565 \times 0.204=(0.001) \times 0.115 \text{ m}^3$  (EC2 Eq.7.21)  
 Curvatura dovuta al momento  $1/r_M=33.699/26129=(0.001) \times 1.290 \text{ (1/m)}$   
 Curvatura dovuta al ritiro  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 23.92 \times (0.115/3.125)=(0.001) \times 0.265 \text{ (1/m)}$   
 Curvatura totale  $1/r=(0.001) \times 1.290+(0.001) \times 0.265=(0.001) \times 1.554 \text{ (1/m)}$   
 Momento di fessurazione,  $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2.6 \times (3.125/0.250)=32.50 \text{ kNm}$

**1.8.2. Stato II (sezione completamente fessurata) (SLE), Luce-2**

$\rho=0.004$ ,  $\rho'=0.001$ ,  $\rho'/\rho=0.250$ ,  $n=\alpha_e=23.92$ ,  $n \cdot \rho=0.096$ ,  $\xi=0.587$ ,  $\alpha=0.339$ ,  $x=\alpha \cdot d=0.154\text{m}$   
 Rigidezza flessionale della sezione completamente fessurata,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot As \cdot d^2=0.587 \times 200 \times 565 \times 0.454^2=13$   
 $S=As \cdot z_{sl}=(0.001)^2 \times 565 \times 0.300=(0.001) \times 0.170 \text{ m}^3$  (EC2 Eq.7.21)  
 Curvatura dovuta al momento  $1/r_M=33.699/13670=(0.001) \times 2.465 \text{ (1/m)}$   
 Curvatura dovuta al ritiro  $1/r_{cs}=(0.001 \times 0.30) \times 23.92 \times (0.170/1.635)=(0.001) \times 0.389 \text{ (1/m)}$   
 Curvatura totale  $1/r=(0.001) \times 2.465+(0.001) \times 0.389=(0.001) \times 2.854 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed}=33.70 \text{ kNm}$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0.38/0.74$ ,  $x=154\text{mm}$ ,  $\sigma_s=148 \text{ N/mm}^2$

**1.8.3. Verifica deformazione senza calcolo (SLE), Luce-2**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.4.2)

$1/d=K[11+1.5 \sqrt{f_{ck}(\rho_0/\rho)+3.2 \sqrt{f_{ck}(\rho_0/\rho-1)^{3/2}}]=33.56$  (EC2 Eq.7.16a)  
 $f_{ck}=25.00\text{N/mm}^2$ ,  $\rho_0=0.001$ ,  $\sqrt{25.00}=0.005$ ,  $\rho=0.004$ ,  $\rho'=0.001$ ,  $\rho \leq \rho_0$ ,  $K=1.5$   
 $1/d=(310/\sigma_s) \times (1/d)$ ,  $\sigma_s=148 \text{ N/mm}^2$ ,  $1/d=(310/148) \times 33.56=70.34$  (EC2 Eq.7.17)  
 $l_{eff}/d=4.100/0.454=9.03 \leq 70.34$ , **Luce/profondità entro i limiti**

**1.8.4. Verifica deformazione da calcolo (SLE), Luce-2**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta=1-0.50 \cdot (M_{cr}/M_{ed})^2=1-0.50 \times (32.50/33.70)^2=0.53$  (Eq.7.19)  
 Curvatura finale  $(1/r)=0.53 \times (0.001 \times 2.854) + (1-0.53) \times (0.001 \times 1.554)=(0.001) \times 2.250 \text{ (1/m)}$  (Eq.7.18)  
 $\beta=(M_a+M_b)/M_c=(119.97+119.97)/78.07=3.07$ ,  $k=0.104(1-3.07/10)=0.0720$   
 $f=k \cdot l_{eff}^2 \cdot (1/r)=0.0720 \times 4.100^2 \times 2.250=2.7 \text{ mm}$   
 $f=2.72 \leq 1000 \times 4.100/250=16.4 \text{ mm}$ , **Deformazione entro i limiti**

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

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Aree minime di armatura  $As_{min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Eq.7.1)  
 $b=0.300\text{m}$ ,  $b_{eff}=0.300\text{m}$ ,  $h=0.500\text{m}$ ,  $d=0.454\text{m}$ ,  $x=0.154\text{m}$ ,  $\phi=12\text{mm}$   
 $N_{ed}=0.00\text{kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0.0\text{N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=148\text{N/mm}^2$   
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(500-154) \times 300=103808 \text{ mm}^2$   
 $\max(h, b_1)=1\text{mm}$ ,  $f_{ctm}=2.60\text{N/mm}^2$ ,  $A_{c,eff}=103808\text{mm}^2$ ,  $k=0.86$ ,  $k_c=0.40$ ,  $k_1=1.50$   
 Armatura minima,  $As_{min}=0.40 \times 0.86 \times 2.60 \times 103808/148=628\text{mm}^2$

**1.8.6. Controllo delle fessurazioni senza calcolo diretto (SLE), Luce**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.4)

larghezza fessura  $w_k=0.3\text{mm}$  (XC2), tensione acciaio  $\sigma_s=148\text{N/mm}^2$ ,  $\phi^*=25\text{mm}$ ,  $\max s=250\text{mm}$  (EC2 T.7.2N)  
 $\phi_s=\phi^* \cdot (f_{ctm}/2.9) [k_c \cdot h_{cr}/(2(h-d))]=25\text{mm}$  (EC2 Eq.7.6N)  
 $f_{ctm}=2.60\text{N/mm}^2$ ,  $k_c=0.40$ ,  $h_{cr}=0.5 \times 500=250\text{mm}$ ,  $h=500\text{mm}$ ,  $d=454\text{mm}$   
 Diametro massimo del ferro  $\phi=25 \text{ mm}$ , passo massimo del ferro  $s=250 \text{ mm}$   
 Diametro del ferro  $\phi=12 \leq 25 \text{ mm}$ , **Diametro del ferro sotto il limite max**

### 1.8.7. Calcolo dell'ampiezza della fessurazione (SLE), Luce-2

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad (\text{EC2 Eq.7.8})$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s \quad (\text{EC2 Eq.7.9})$$

$\sigma_s = 148 \text{ N/mm}^2$ , carico a breve termine:  $\alpha_e = 6.56$ ,  $k_t = 0.6$ , carico a lungo termine:  $\alpha_e = 23.92$ ,  $k_t = 0.4$

$$A_{ceff} = 2.5 (h - d) b = 2.5 \times (500 - 454) \times 300 = 34500 \text{ mm}^2 \quad (\text{§7.3.2.3})$$

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 565 / 34500 = 0.016$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [148 - 0.4 \times (2.6 / 0.016) (1 + 23.92 \times 0.016)] / 200 = 0.30 \text{ o/o} \geq 0.6 \times 148 / 200 = 0.44 \text{ o/o}$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot C_{nom} + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \sigma_s / \rho_{eff} \quad (\text{EC2 Eq.7.11})$$

$$\sigma_s = 12 \text{ mm}, k_1 = 0.8, k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5, k_3 = 3.4, k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \times 30.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12 / 0.016 = 226.57 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 226.57 \times 0.001 \times 0.44 = 0.10 \text{ mm}$$

$w_k = 0.10 \text{ mm} \leq 0.30 \text{ mm} = w_{max}$ , Classe di esposizione ambientale: XC2, **Ampiezza della fessurazione e**

### 1.9. Distinta barre di armatura

Num		tipo	Barre di armatura [mm]	quant	Ø	g/m [kg/m]	lunghe [m]	peso [kg]
1	(Luce-1)	①	4780	2	16	1.580	4.780	15.10
2	(Luce-1)	①	4700	2	14	1.210	4.700	11.37
3	(Luce-1)	⑧	4240	2	14	1.210	4.240	10.26
4	(Luce-2)	①	4620	5	12	0.888	4.620	20.51
5	(Luce-2)	⑧	4240	2	10	0.617	4.240	5.23
6	(Luce-3)	①	4780	2	16	1.580	4.780	15.10
7	(Luce-3)	①	4700	2	14	1.210	4.700	11.37
8	(Luce-3)	⑧	4240	2	14	1.210	4.240	10.26
9	(Mens1)	④	1600	4	10	0.617	2.050	5.06
10	(App.-1)	②	2930	3	16	1.580	2.930	13.89
11	(App.-1)	②	2810	1	14	1.210	2.810	3.40
12	(App.-2)	②	2930	3	16	1.580	2.930	13.89
13	(App.-2)	②	2810	1	14	1.210	2.810	3.40
14	(Mens2)	④	1600	4	10	0.617	2.050	5.06
15	(Mens1)	⑨	80 230 420 230 420	3	8	0.395	1.460	1.73
16	(Luce-1)	⑨	80 230 420 230 420	16	8	0.395	1.460	9.23
17	(Luce-2)	⑨	80 230 420 230 420	14	8	0.395	1.460	8.07
18	(Luce-3)	⑨	80 230 420 230 420	16	8	0.395	1.460	9.23
19	(Mens2)	⑨	80 230 420 230 420	3	8	0.395	1.460	1.73

Peso totale [kg]

173.89

