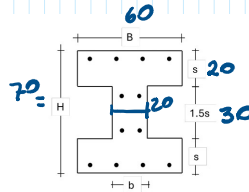


2025

Per le domande che seguono fai riferimento alla sezione a doppio T disegnata a lato e realizzata con calcestruzzo C25/30. Le flange hanno larghezza  $B = 60 \text{ cm}$  e spessore  $s = 20 \text{ cm}$ . L'anima ha larghezza  $b = 20 \text{ cm}$  e altezza 1.5 volte lo spessore delle flange, (cioè  $30 \text{ cm}$ ). L'altezza complessiva  $H = 70 \text{ cm}$ . La sezione è armata con  $12 \phi 16$  realizzati in acciaio B450 C.



$$1 \phi 16 = \pi \frac{1.6^2}{4} = 2.01 \text{ cm}^2$$

- (1) Considera la sezione al I stadio di comportamento e determina la tensione delle armature per effetto di uno sforzo normale  $N = 500 \text{ kN}$ :

(punti 4)

$$\sigma_s = 10.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = m \frac{N}{A_{ci}} = 6.35 \times \frac{500 \times 10}{3153.16} = 10.06 \text{ MPa}$$

$$A_{ci} = \left[ 2 \cdot (20 \times 60) + 20 \times 30 \right] + 6.35 \times 12 \times 2.01 = 3153.16 \text{ cm}^2$$

$$m = 6.35 = \frac{E_s}{E_c}$$

- (2) Considera la sezione al II stadio di comportamento, soggetta uno sforzo normale  $N = 600 \text{ kN}$  per effetto di carichi in combinazione quasi permanente. Determina la tensione nelle armature:

(punti 3)

- ☐ 159.1    ☐ 196.5    ☒ 248.7    ☐ 324.8    ☐ 372.5

$$\sigma = \frac{N}{A_{sTot}} = \frac{600 \times 10}{12 \times 2.01} = 248.8 \text{ MPa}$$

- (3) Considera la sezione al II stadio di comportamento, soggetta uno sforzo normale  $N = -600 \text{ kN}$  da carichi in combinazione quasi permanente. Calcola la tensione di compressione nel calcestruzzo e indica (in valore assoluto) il rapporto tra la tensione nel calcestruzzo e il valore limite di tensione di compressione in presenza di carichi in combinazione quasi permanente:

(punti 4)

- ☒ 0.159    ☐ 0.200    ☐ 0.247    ☐ 0.301    ☐ 0.355

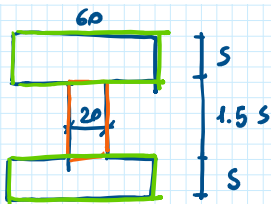
$$\frac{\sigma_c}{0.45 f_{ck}} = \frac{1.78}{0.45 \times 25} = 0.158$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_{ci}} = \frac{-600 \times 10}{3361.8} = -1.78 \text{ MPa}$$

$$A_{ci} = [60 \times 20 \times 2 + 30 \times 20] + 15 \times 12 \times 2.01 = 3361.8 \text{ cm}^2$$

- (4) Considera la sezione soggetta a  $N_{Ed} = -3000 \text{ kN}$ . In accordo ai requisiti da normativa, le armature portano un'aliquota pari al 10% di  $N_{Ed}$ . Fissati i valori di  $B$  e  $b$  forniti all'inizio del testo, progetta il valore di  $s$  da assegnare alla sezione in calcestruzzo: (punti 4)

$$s = 12.7 \text{ cm}$$



$$N_{Rd} = A_c f_{cd} + A_s f_{yd} = N_{Ed}$$

$$0.1 N_{Ed} \Rightarrow A_s$$

$$0.9 N_{Ed} \Rightarrow A_c f_{cd} = 0.9 N_{Ed}$$

$$A_c = \frac{0.9 N_{Ed}}{f_{cd}} = \frac{0.9 \times 3000 \times 10}{14.17} = 1905.5 \text{ cm}^2$$

$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \frac{10^3}{10^2}$

$$A = 2 \cdot 60 \cdot 5 + 20 \cdot 15 \cdot 5 = 1905.5$$

$$120 \cdot 5 + 30 \cdot 5 = 1905.5$$

$$150 \cdot 5 = 1905.5$$

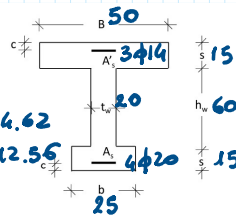
$$S = \frac{1905.5}{150} = 12.7 \text{ cm}$$

Fai riferimento alla sezione a doppio T asimmetrica mostrata in figura realizzata in calcestruzzo C25/30. Le due armature sono realizzate in acciaio B450C. Si riportano di seguito i dati geometrici della sezione in calcestruzzo e quelli delle armature.

B = 50 cm      h<sub>w</sub> = 60 cm  
b = 25 cm      t<sub>w</sub> = 20 cm  
c = 4 cm      s = 15 cm

$$A'_s = 3 \phi 14 = 3 \times 1.56 = 4.62$$

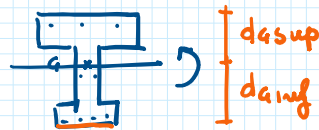
$$A_s = 4 \phi 20 = 4 \times 3.14 = 12.56$$



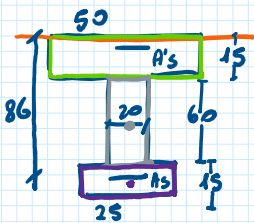
- (5) Considera la sezione nel primo stadio di comportamento e calcola la massima tensione di trazione del calcestruzzo  $\sigma_{ct}$  per effetto di un momento flettente positivo  $M = 100.0 \text{ kNm}$ ? (punti 4)

☐ 0.55 MPa    ☐ 1.01 MPa    ☒ 2.39 MPa    ☐ 3.12 MPa    ☐ 4.14 MPa

$$\sigma_{ct} = \frac{M}{I_x} y$$



DEVO CALCOLARE G:

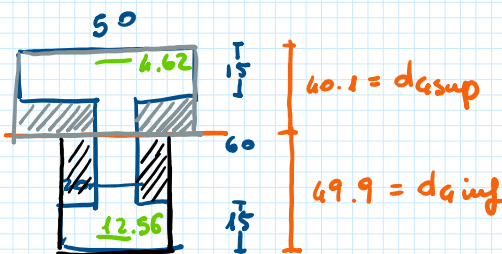


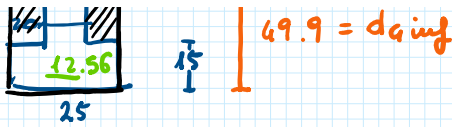
$$d_{sup} = \frac{S_{sup}}{A_{ci}} = \frac{97538.9}{2434.1} = 40.1 \text{ cm}$$

$$d_{inf} = 90 - 40.1 = 49.9 \text{ cm}$$

$$S_{sup} = \left[ 50 \times \frac{15^2}{2} + 20 \times 60 \times \left( \frac{60}{2} + 15 \right) + 25 \times 15 \times \left( \frac{15}{2} + 60 + 15 \right) \right] + 6.35 \times 4.62 \times 4 + 6.35 \times 12.56 \times 86 = 97538.9 \text{ cm}^3$$

$$A_{ci} = [50 \times 15 + 20 \times 60 + 15 \times 25] + 6.35 (4.62 + 12.56) = 2434.1 \text{ cm}^2$$





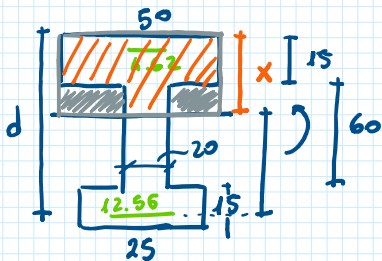
$$\begin{aligned}
 I_x = & \frac{50 \cdot 40.1^3}{3} - \left[ (50 - 20) \left( \frac{40.1 - 15}{3} \right)^3 \right] + \\
 & + 25 \cdot \frac{49.9^3}{3} - \left[ (25 - 20) \left( \frac{49.9 - 15}{3} \right)^3 \right] + \\
 & + 6.35 \times 4.62 (40.1 - 4)^2 + \\
 & + 6.35 \times 12.56 (49.9 - 4)^2 = 2087398.7 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

QUINDI  $\sigma_{ct} = \frac{100}{2087398.7} \cdot 49.9 \times 10^3 = 2.39 \text{ MPa}$

$$\frac{\text{kNm}}{\text{cm}^3} \quad \text{cm} \quad \times 10^3 \times \frac{10^3}{10^5}$$

- (6) Considera la sezione nel secondo stadio di comportamento e calcola la tensione dell'armatura tesa per effetto di un momento flettente positivo  $M = 150.0 \text{ kNm}$ ? (punti 4)

$$\sigma_s = \underline{149.8} \text{ MPa}$$



$$\sigma_s = m \frac{M}{I_m} y$$

$$y = d - x$$

$$d = 90 - 4 = 86 \text{ cm}$$

$$S_m(x) = 0$$

$$S_m = -50 \cdot \frac{x^2}{2} - \left[ - (50 - 20) \left( \frac{x - 15}{2} \right)^2 \right] - 15 \times 4.62 (x - 4) + 15 \times 12.56 (86 - x) = 0$$

$$-25x^2 + 15(x - 15)^2 - 69.3(x - 4) + 1284(86 - x) = 0$$

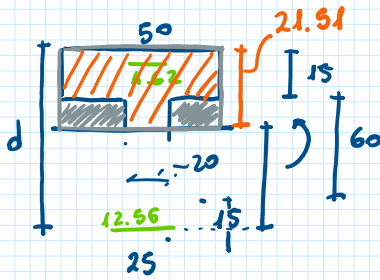
$$-25x^2 + 15x^2 + 3375 - 450x - 69.3x + 277.2 + 16202.4 - 1284x = 0$$

$$-10x^2 - 707.7x + 19854.6 = 0$$

$$10x^2 + 707.7x - 19854.6 = 0$$

$$x = \frac{-707.7 \pm \sqrt{707.7^2 + 4 \cdot 10 \cdot 19854.6}}{2 \cdot 10}$$

$$X = \frac{-707.7 \pm \sqrt{707.7^2 + 4 \cdot 10 \cdot 19854.6}}{2 \times 10} = 21.51 \text{ cm}$$



$$I_M = 50 \cdot \frac{21.51^3}{3} - \left[ (50 - 20) \left( \frac{21.51 - 15}{3} \right)^3 \right] +$$

$$+ 15 \times 4.62 \left( 21.51 - 4 \right)^2 + 15 \times 12.56 \times (36 - 21.51)^2 =$$

$$= 968327.7 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_s = 15 \frac{150}{968327.7} (36 - 21.51) \times 10^3 = 149.9 \text{ MPa}$$

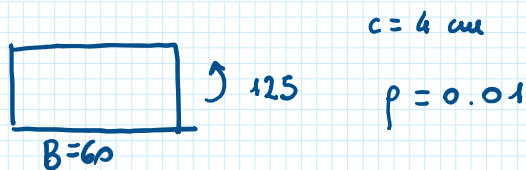
Una trave in c.a. è realizzata mediante calcestruzzo **C25/30** ed acciaio **B450C**. La sezione trasversale della trave è larga  $B = 60 \text{ cm}$  con copriferro  $c = 4 \text{ cm}$ . La trave è soggetta ad un momento flettente  $M = 125.0 \text{ kNm}$ .

(7) Stabilito che si vuole adottare una percentuale di armatura tesa  $\rho = 0.010$  ( $\rho = A_s / B d$ ), determina l'altezza utile  $d$  della sezione (punti 4)

(8) ☐ 16.5 cm ☐ 20.1 cm ☒ 24.3 cm ☐ 28.3 cm ☐ 32.2 cm

(9) Utilizzando l'altezza utile della sezione determinata al punto 7, determina l'armatura compressa necessaria  $A'_s$ . (punti 4)

$$A'_s = \underline{6.89} \text{ cm}^2$$



$$\begin{cases} A_s = \frac{M_{Ed}}{0.9 d f_{yd}} \\ \rho = \frac{A_s}{B d} \end{cases}$$

$$\rho = \frac{M_{Ed}}{0.9 d f_{yd} B d}$$

$$\rho = \frac{M_{Ed}}{0.9 d^2 f_{yd} B}$$

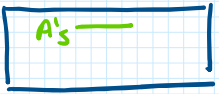
$$d^2 = \frac{M_{Ed}}{0.9 \rho f_{yd} B}$$

$$0.9 \rho_{fyd} b$$

$$d = \sqrt{\frac{M_{Ed}}{0.9 \rho_{fyd} b}} = \sqrt{\frac{125 \times 10^3}{0.9 \cdot 0.01 \cdot 391.3 \cdot 0.6}} = 243.2 \text{ mm}$$

$$d = 24.3 \text{ cm}$$

$$\frac{\frac{\text{kJ}}{\text{mm}^2} \times 10^3}{\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

2)   $d = 24.3 \text{ cm}$

$$A'_s = \frac{\Delta M}{\sigma_{fyd} (d - c)} = \frac{33.6 \times 10^3}{0.61 \cdot 391.3 (24.3 - 4)} = 6.93 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\frac{\text{kJ}}{\text{mm}^2} \times 10^3 \times 10^2}{\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ cm}}$$

$$\Delta M = M_{Ed} - M_{Rd_{A'_s=0}} = 125 - 91.3 = 33.6 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd_{A'_s=0}} = \frac{b d^2}{2} = \frac{0.6 \cdot 0.243^2}{0.0197^2} = 91.3 \text{ kNm}$$

$c = 25/30$

$$s = \frac{\xi - \xi_{lim}}{\xi} \leq 1$$

$$s = \frac{0.25 - \frac{4}{24.3}}{0.25} = \frac{0.0035}{0.00196} = 0.61$$