



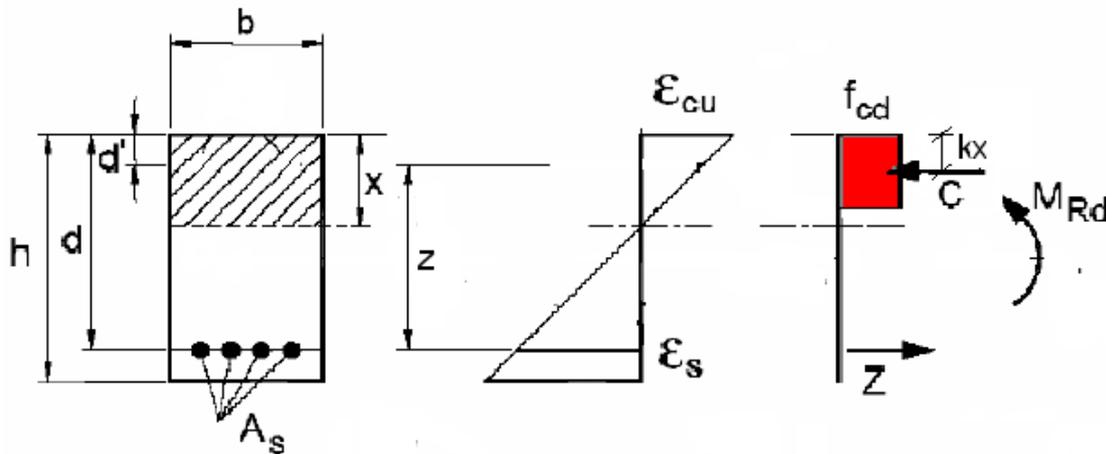
Università degli Studi di Cagliari

Prova scritta di Tecnica delle Costruzioni, Prof. Fausto Mistretta
08/07/2010 ore 15:30 aula CD.

| |
|-----------------|
| Cognome e Nome: |
| Matricola: |

Quesito N° 1 (12 punti).

Progettare allo SLU l'altezza utile d e l'armatura tesa A_s della sezione rettangolare (base 300 mm) per M_{sd} pari a 145 KNm, realizzata con calcestruzzo classe di resistenza C28/35 e acciaio B450C.



Risoluzione:

$$f_{cd} = \frac{0,85 \cdot 28}{1,5} = 15,87 MPa$$

$$f_{yd} = \frac{450}{1,15} = 391,3 MPa$$

Lo SLU per flessione coincide con il raggiungimento della massima capacità deformativa del calcestruzzo, $\epsilon_c = 0,0035$.

E' necessario assegnare un valore limite alla deformazione dell'acciaio assumendo la deformazione ϵ_s pari a 0,01 (Armatura Equilibrata).

Si utilizza come diagramma costitutivo del calcestruzzo lo stress-block ($\beta=0,8$, $k=0,4$).

$$0,0035 : x = 0,01 : (d - x)$$

Posizione dell'asse neutro

$$x = 0,259 \cdot d$$

Progetto dell'altezza utile e dell'armatura tesa.

$$C = \beta \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b$$

$$Z = A_s \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd} = C \cdot z \text{ con } C = \beta \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b$$

Si pone $M_{Sd} = M_{Rd}$

$$z = d - k \cdot x$$

$M_{Sd} = C \cdot z = \beta \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b \cdot (d - k \cdot x) = 0,8 \cdot 0,259 \cdot d \cdot f_{cd} \cdot b \cdot (d - 0,4 \cdot 0,259 \cdot d) = 0,207 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,259)$, da cui ricavo l'altezza utile d:

$$d = \sqrt{\frac{M_{sd}}{0,185 \cdot f_{cd} \cdot b}} = \sqrt{\frac{145000000}{0,185 \cdot 15,87 \cdot 300}} = 405,7 \text{ mm}$$

L'altezza della sezione risulta pari a

$$h = d + d' = 405,7 + 40 = 445,7 \approx 450 \text{ mm}$$

Altezza utile effettiva 410mm.

Dalla relazione $C=Z$ si ottiene l'area dell'armatura tesa.

$$Z = A_s \cdot f_{yd} = A_s \cdot 391,3$$

$$C = \beta \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b = 0,8 \cdot 0,259 \cdot d \cdot f_{cd} \cdot b = 0,207 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}$$

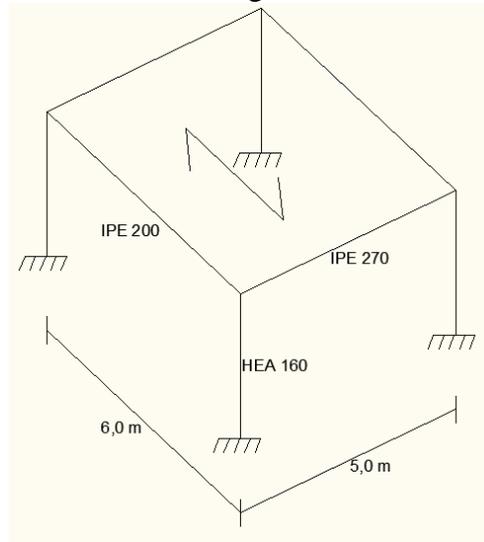
$$A_s = 0,207 b d f_{cd} / f_{yd} = 0,207 \cdot 300 \cdot 410 \cdot 15,87 / 391,3 = 1032,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area effettiva } 6\phi 16 = 1206,36 \text{ mm}^2$$

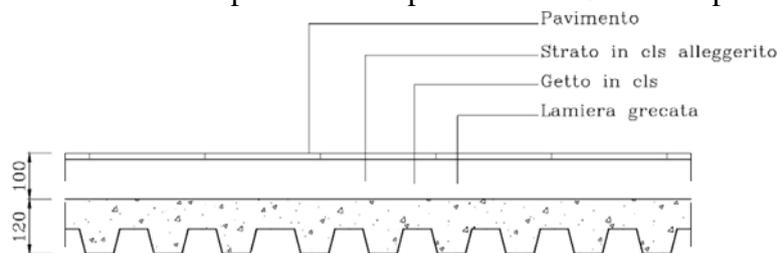
Quesito 2 (14 punti):

Data la struttura in acciaio, riportata in figura, destinata ad uso residenziale, eseguire l'analisi dei carichi e verificare le travi principali.

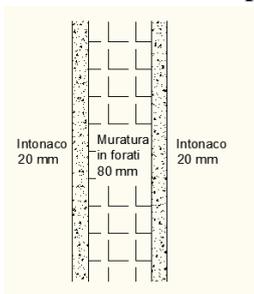
La struttura è realizzata con pilastri HEA 160, con travi principali IPE 270 e secondarie IPE 200 in acciaio S235, si considerino le travi incerniate agli estremi.



-Il solaio è realizzato in lamiera grecata tipo EGB 1200/D del peso di $0,21 \text{ kN/m}^2$, con soletta collaborante del peso di $2,3 \text{ kN/m}^2$, da uno strato di cls alleggerito per il passaggio degli impianti di 80 mm del peso di 12 kN/m^3 e da un pavimento in piastrelle di 20 mm del peso di 20 kN/m^3 .



-Sul solaio sono presenti dei tramezzi così formati:



- Intonaco civile spessore 20 mm e peso unitario 20 kN/m^3
- Muratura in forati spessore 80 mm e peso unitario 11 kN/m^3

I tramezzi sono alti $2,70 \text{ m}$.

Dati del profilo:

| | | | |
|--|------------|------|---------------|
| -altezza | h | 270 | mm |
| -larghezza | b | 135 | mm |
| -spessore delle ali | t_f | 10,2 | mm |
| -spessore dell'anima | t_w | 6,6 | mm |
| -raggio di raccordo | r | 15 | mm |
| -area | A | 4594 | mm^2 |
| -momento d'inerzia rispetto all'asse forte | I_x | 5790 | cm^4 |
| -modulo di resistenza plastico rispetto all'asse forte | $W_{pl,x}$ | 484 | cm^3 |
| -Peso per unità di lunghezza | g_t | 0,36 | kN/m |

Risoluzione:

-Analisi dei carichi

Carichi permanenti strutturali (G_1):

| | | | |
|---------------------------------|--|-------------|-------------------------|
| Peso proprio della trave | | 0,36 | kN/m |
| Peso solaio: | | | |
| lamiera grecata tipo EGB 1200/D | | 0,21 | kN/m ² |
| soletta collaborante | | 2,3 | kN/m ² |
| peso totale solaio | | 2,51 | kN/m² |

Carichi permanenti portati (G_2):

| | | | |
|--|--|-------------|-------------------------|
| strato di cls alleggerito | $12 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,08 \text{ m} =$ | 0,96 | kN/m ² |
| pavimento in piastrelle di 20 mm del peso di | $20 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,02 \text{ m} =$ | 0,4 | kN/m ² |
| peso totale | | 1,36 | kN/m² |

Peso proprio dei tramezzi per m²:

| | | | |
|--------------------|--|-------------|-------------------------|
| intonaco civile | $20 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,02 \text{ m} =$ | 0,4 | kN/m ² |
| muratura in forati | $11 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,08 \text{ m} =$ | 0,88 | kN/m ² |
| intonaco civile | $20 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,02 \text{ m} =$ | 0,4 | kN/m ² |
| peso totale | | 1,68 | kN/m² |

I carichi dovuti ai tramezzi possono essere ragguagliati ad un carico permanente portato uniformemente distribuito che nel caso di un peso per unità di lunghezza pari a $1,68 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,70 \text{ m} = 4,5 \text{ kN/m}$ è pari a **2,00 kN/m²**.

Carichi variabili (Q_{k1}):

| | | | |
|------------------------------|---|-------------|-------------------------|
| ambienti ad uso residenziale | = | 2,00 | kN/m² |
|------------------------------|---|-------------|-------------------------|

-Carichi sulla trave (poiché la luce del solaio è pari a 6 m, ogni trave porta i carichi di metà solaio)

| | | | |
|---|---|-------------|-------------|
| Peso proprio della trave: | | 0,36 | kN/m |
| Peso proprio del solaio: | $2,51 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m} =$ | 7,53 | kN/m |
| Carico permanente strutturale (G_1) | | 7,89 | kN/m |

| | | | |
|---|---|--------------|-------------|
| Carichi permanenti portati sul solaio: | $1,36 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m} =$ | 4,08 | kN/m |
| Peso proprio dei tramezzi: | $2,00 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m} =$ | 6,0 | kN/m |
| Carico permanente portato (G_2) | | 10,08 | kN/m |

| | | | |
|---|---|------------|-------------|
| Carichi variabili (Q_{k1}): | $2,00 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m} =$ | 6,0 | kN/m |
|---|---|------------|-------------|

-Classificazione del profilo per le azioni flettenti

acciaio S235 $\rightarrow \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$ con $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ tensione di snervamento dell'acciaio.

Poiché è rispettato il seguente rapporto:

$$\frac{d}{t_w} = 33,27 < 72 \cdot \varepsilon = 72 \rightarrow \text{l'anima appartiene alla classe 1,}$$

dove $d = h - 2 \cdot (t_f + r)$ è l'altezza dell'anima.

Poiché è rispettato il seguente rapporto:

$$\frac{c}{t_f} = 6,62 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \rightarrow \text{l'ala appartiene alla classe 1,}$$

dove $c = b/2$ è metà dell'ala.

La sezione è classificata in base alla classe della componente più alta, nel nostro caso la sezione appartiene alla classe 1.

-Combinazioni di carico

-SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$$

dove:

$$\gamma_{G1}=1,3$$

G_1 =Carichi permanenti

$$\gamma_{G2}=1,5$$

G_2 = Carichi permanenti non strutturali

$$\gamma_{Q1}=1,5$$

Q_{k1} = Carichi variabili

$$F_{sd} = 1,3 \cdot 7,89 + 1,5 \cdot 10,08 + 1,5 \cdot 6 = 34,38 \text{ kN/m}$$

-Calcolo delle sollecitazioni

Massimo taglio sollecitante:

$$V_{sd} = \frac{F_{sd} \cdot L}{2} = \frac{34,38 \cdot 5}{2} = 85,95 \text{ kN}$$

Massimo momento sollecitante:

$$M_{sd} = \frac{F_{sd} \cdot L^2}{8} = \frac{34,38 \cdot 5^2}{8} = 107,4 \text{ kNm}$$

-Calcolo della resistenza a taglio

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) t_f = 2213 \text{ mm}^2$$

$$V_{Pl,Rd} = A_v \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = 2213 \cdot \frac{235}{1,05 \cdot \sqrt{3}} = 285956 \text{ N} \approx 286 \text{ kN}$$

Poiché si ha $V_{sd} = 85,95 \text{ kN} < V_{Pl,Rd} = 286 \text{ kN}$ la verifica risulta soddisfatta.

Poiché il taglio sollecitante V_{sd} non risulta mai superiore al 50% del taglio resistente plastico $V_{Pl,Rd}$ si può trascurare l'interazione tra il taglio e il momento flettente nella successiva verifica.

-Calcolo della resistenza al momento flettente

Il momento resistente di progetto è (essendo la sezione di classe 1):

$$M_{c,Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 484000 \cdot \frac{235}{1,05} = 108323809 \text{ N} \approx 108,3 \text{ kNm}$$

Poiché si ha $M_{sd} = 107,4 \text{ kNm} < M_{c,Rd} = 108,3 \text{ kNm}$ la verifica risulta soddisfatta.

-Verifica agli stati limite di esercizio (deformazione)

Abbassamento totale:

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2, \text{ dove:}$$

δ_1 = Abbassamento elastico dovuto ai carichi permanenti

δ_2 = Abbassamento elastico dovuto ai carichi variabili

Abbassamento dovuto ai carichi permanenti ($G_1 + G_2$):

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(7,89 + 10,08) \cdot 5000^4}{210000 \cdot (5790 \cdot 10^4)} = 12 \text{ mm}$$

Abbassamento dovuto ai carichi variabili (Q_{k1}):

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{6 \cdot 5000^4}{210000 \cdot (5790 \cdot 10^4)} = 4mm \leq 16.6mm (= \frac{L}{300})$$

Abbassamento totale:

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(7,89 + 10,08 + 6) \cdot 5000^4}{210000 \cdot (5790 \cdot 10^4)} = 16mm \leq 20mm (= \frac{L}{250})$$

Quesito 3 (4 punti):

Su un getto di 80m³ di miscela omogenea vengono effettuati 3 prelievi, siano R₁, R₂, R₃ le tre resistenze di prelievo, con: **R₁ ≤ R₂ ≤ R₃**

$$R_1 = 31,5 \text{ N/mm}^2$$

$$R_2 = 46,5 \text{ N/mm}^2$$

$$R_3 = 57 \text{ N/mm}^2$$

Calcolare la resistenza caratteristica minima del calcestruzzo.

Risoluzione:

$$R_m \geq R_{ck} + 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$R_1 \geq R_{ck} - 3,5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{In cui: } R_m = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

$$R_m = (31,5 + 46,5 + 57) / 3 = 45 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m - 3,5 \geq R_{ck} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$45,0 - 3,5 = 41,5 \geq R_{ck} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$R_1 + 3,5 \geq R_{ck} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$31,5 + 3,5 = 35,0 \geq R_{ck} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

La R_{ck} minima risulta pari a 35 N/mm².