



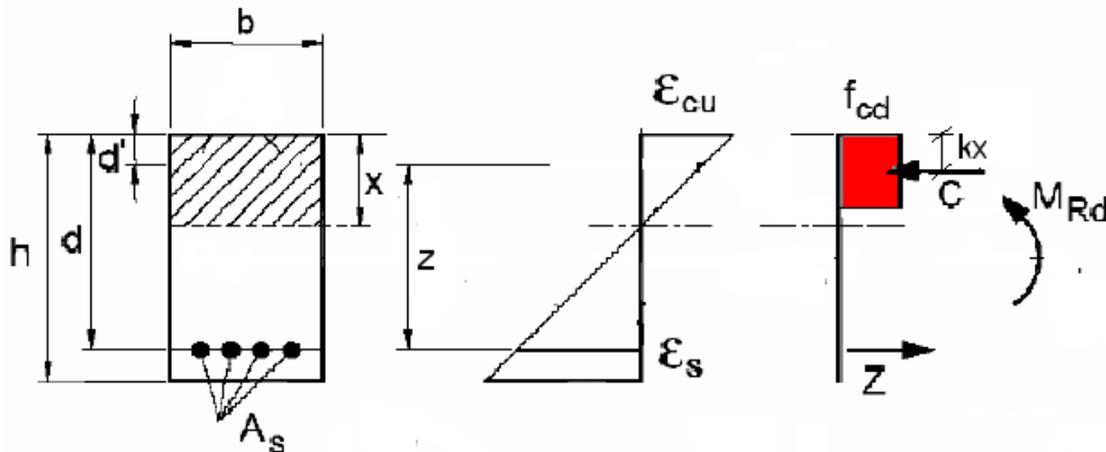
Università degli Studi di Cagliari

Prova scritta di Tecnica delle Costruzioni, Prof. Fausto Mistretta  
30/09/2010 ore 15:30 aula ALFA.

Cognome e Nome:
Matricola:

**Quesito N° 1 (12 punti):**

Progettare e verificare allo SLU l'altezza utile  $d$  e l'armatura tesa  $A_s$  della sezione rettangolare (base 300 mm) per  $M_{sd}$  pari a 170 KNm, realizzata con calcestruzzo classe di resistenza C25/35 e acciaio B450C.



**Risoluzione:**

$$f_{cd} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5} = 14,16 \text{ MPa}$$

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

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  $\epsilon_s$  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:

$$d = \sqrt{\frac{M_{sd}}{0,185 \cdot f_{cd} \cdot b}} = \sqrt{\frac{170000000}{0,185 \cdot 14,16 \cdot 300}} = 465,1 \text{ mm}$$

L'altezza della sezione risulta pari a

$$h = d + d' = 465,1 + 40 = 505,1 \approx 510 \text{ mm}$$

Altezza utile effettiva 470 mm.

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

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

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

$$A_s = 0,207 b d f_{cd} / f_{yd} = 0,207 \cdot 300 \cdot 470 \cdot 14,16 / 391,3 = 1056,2 \text{ mm}^2$$

Area effettiva  $7\phi 14 = 1078 \text{ mm}^2$

### Verifica:

Si deve ricalcolare la posizione effettiva dell'asse neutro ponendo:

$$C = Z$$

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

$$Z = A_s \cdot f_{yd} = 1078 \cdot 391,3$$

Si ottiene  $x = 124,1 \text{ mm}$

Si verifica che le armature lavorino oltre lo snervamento tramite la proporzione:

$$0,0035 : 124,1 = \varepsilon_s : (470 - 124,1)$$

$$\varepsilon_s = 0,0098 > \varepsilon_{ysd} = 0,00186$$

$$M_{Rd} = Z \cdot z$$

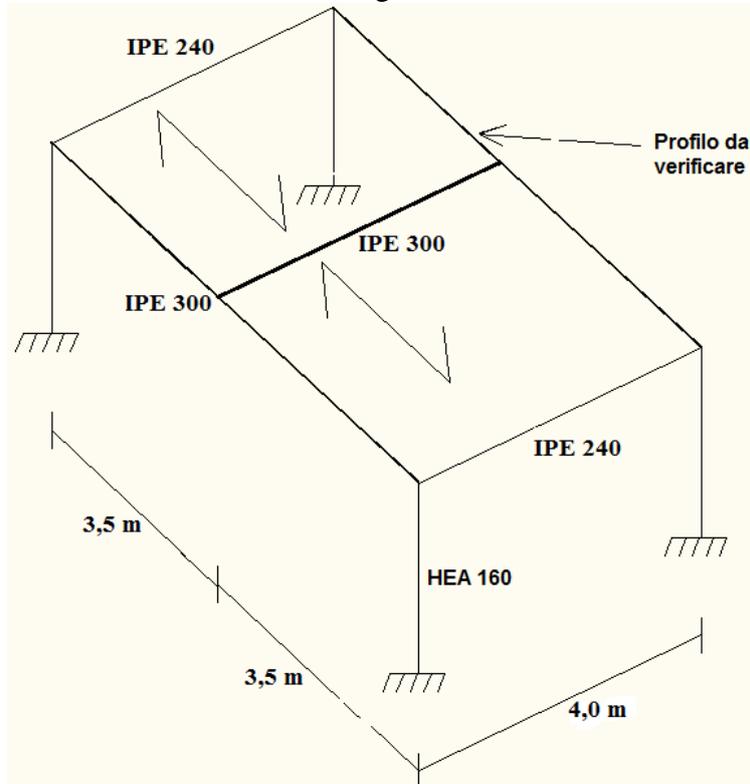
$$z = d - k \cdot x = 420,4 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = 177 \text{ KNm} > 170 \text{ KNm VERIFICATA}$$

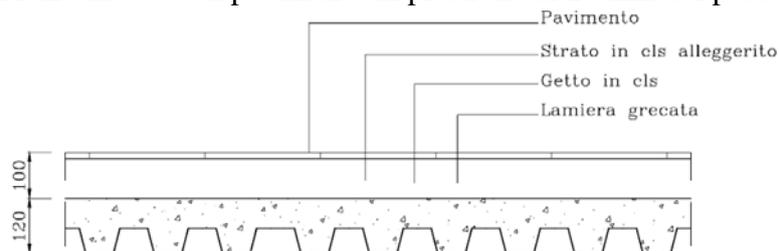
## Quesito 2 (16 punti):

Data la struttura in acciaio, riportata in figura, destinata ad uso ufficio (aperto al pubblico), eseguire l'analisi dei carichi e verificare la trave indicata.

La struttura è realizzata con pilastri HEA 160, con travi principali IPE 300 e secondarie IPE 240 in acciaio S275, 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  $80 \text{ mm}$  del peso di  $11 \text{ kN/m}^3$  e da un pavimento in piastrelle di  $20 \text{ mm}$  del peso di  $20 \text{ kN/m}^3$ .



-Sul solaio sono presenti dei tramezzi del peso di  $1,5 \text{ kN/m}^2$  dell'altezza di  $2,6 \text{ m}$ .

Dati del profilo:

-altezza	$h$	300	mm
-larghezza	$b$	150	mm
-spessore delle ali	$t_f$	10,7	mm
-spessore dell'anima	$t_w$	7,1	mm
-raggio di raccordo	$r$	15	mm
-area	$A$	5381	$\text{mm}^2$
-momento d'inerzia rispetto all'asse forte	$I_x$	8356	$\text{cm}^4$
-modulo di resistenza plastico rispetto all'asse forte	$W_{pl,x}$	628,4	$\text{cm}^3$
-Peso per unità di lunghezza	$g_t$	0,42	$\text{kN/m}$

## Risoluzione:

### -Analisi dei carichi

Peso proprio del solaio + carichi permanenti portati per m<sup>2</sup>:

lamiera grecata tipo EGB 1200/D		0,21	kN/m <sup>2</sup>
soletta collaborante		2,3	kN/m <sup>2</sup>
strato di cls alleggerito	11 kN/m <sup>3</sup> · 0,08m =	0,88	kN/m <sup>2</sup>
pavimento in piastrelle di 20 mm del peso di	20 kN/m <sup>3</sup> · 0,02m =	0,4	kN/m <sup>2</sup>
<b>peso totale</b>		<b>3,79</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

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 1,5 kN/m<sup>2</sup> · 2,60m = 3,9 kN/m è pari a 1,60 kN/m<sup>2</sup>.

Carichi variabili pari a 3 kN/m<sup>2</sup> per edifici ad uso ufficio non aperto al pubblico

### -Carichi sulla trave n°2

Peso proprio della trave:		0,42	kN/m
Peso proprio del solaio + carichi permanenti portati:	3,79 kN/m <sup>2</sup> · 3,5m =	13,27	kN/m
Peso proprio dei tramezzi:	1,60 kN/m <sup>2</sup> · 3,5m =	5,6	kN/m
Carichi variabili:	3,00 kN/m <sup>2</sup> · 3,5m =	10,5	kN/m

Poiché devo verificare la trave n°1 devo valutare il carico concentrato trasferito su di essa dalla trave n°2

Il carico sulla trave n°1 sarà pari alla metà del carico portato dalla trave n°2:

$$F_{sd} = \frac{[1,3 \cdot (0,42 + 13,27) + 1,5 \cdot 5,6 + 1,5 \cdot 10,5]}{2} \cdot 4 = 84 \text{ kN}$$

### -Classificazione del profilo per le azioni flettenti

acciaio S275 →  $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,924$  con  $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$  tensione di snervamento dell'acciaio.

Poiché è rispettato il seguente rapporto:

$$\frac{d}{t_w} = 35,01 < 72 \cdot \varepsilon = 66,528 \rightarrow \text{l'anima appartiene alla classe 1,}$$

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

Poiché è rispettato il seguente rapporto:

$$\frac{c}{t_f} = 5,28 < 9 \cdot \varepsilon = 8,316 \rightarrow \text{l'ala appartiene alla classe 1,}$$

dove  $c = (b - 2 \cdot r - t_w) / 2$ .

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

### -Calcolo delle sollecitazioni

Massimo taglio sollecitante = taglio dovuto al carico concentrato + taglio dovuto al carico peso proprio della trave.

$$V_{sd} = \frac{F_{sd}}{2} + \frac{1,3 \cdot 0,42 \cdot 7}{2} = 43,9 \text{ kN}$$

Massimo momento sollecitante = momento dovuto al carico concentrato + momento dovuto al carico peso proprio della trave.

$$M_{sd} = \frac{F_{sd} \cdot 7}{4} + \frac{1,3 \cdot 0,42 \cdot 7^2}{8} = 150,3 \text{ kNm}$$

### -Calcolo della resistenza a taglio

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) t_f = 2568 \text{ mm}^2$$

$$V_{Pl,Rd} = A_v \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = 2568 \cdot \frac{275}{1.05 \cdot \sqrt{3}} = 388309 \text{ N} \approx 388 \text{ kN}$$

Poiché si ha  $V_{sd} = 43,9 \text{ kN} < V_{Pl,Rd} = 388 \text{ kN}$  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):

$$M_{c,Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 628400 \cdot \frac{275}{1.05} = 164580952 \text{ N} \approx 164,5 \text{ kNm}$$

Poiché si ha  $M_{sd} = 150,3 \text{ kNm} < M_{c,Rd} = 164,5 \text{ kNm}$  la verifica risulta soddisfatta.

### -Verifica agli stati limite di esercizio (deformazione)

Abbassamento totale:

$$\delta_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,42 \cdot 7000^4}{210000 \cdot (8356 \cdot 10^4)} + \frac{1}{48} \cdot \frac{[(0,42 + 13,27 + 5,6 + 10,5) \cdot 4000 / 2] \cdot 7000^3}{210000 \cdot (8356 \cdot 10^4)} = 25,0 \text{ mm} \leq 28 \text{ mm} (= \frac{L}{250})$$

Abbassamento dovuto ai carichi variabili:

$$\delta_2 = \frac{1}{48} \cdot \frac{10,5 \cdot 7000^3}{210000 \cdot (8356 \cdot 10^4)} = 4,3 \text{ mm} \leq 23,3 \text{ mm} (= \frac{L}{300})$$

### Quesito 3 (2 punti):

Per un pilastro in acciaio soggetto ad azioni di compressione e flettenti rispetto all'asse x-x, che tipo di profilo scelgo tra i seguenti?

