



Università degli Studi di Cagliari

Prova scritta di Tecnica delle Costruzioni, Prof. Fausto Mistretta  
24/02/2011 ore 15:00 aula CD.

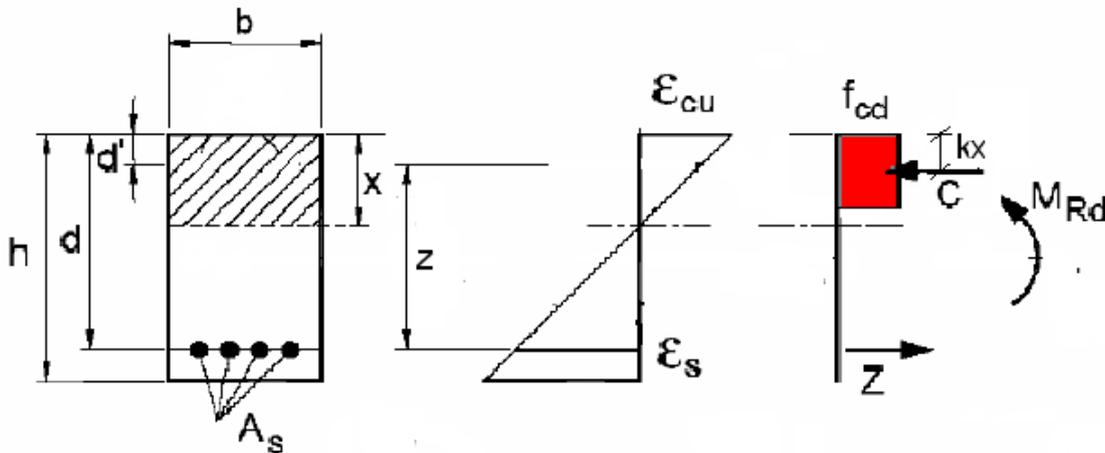
Cognome e Nome:

Matricola:

### Quesito N° 1 (10 punti)

Progettare allo SLU l'altezza utile  $d$  e l'armatura tesa  $A_s$  della sezione rettangolare (base 350 mm) per  $M_{sd}$  pari a 230 KNm, realizzata con calcestruzzo classe di resistenza C28/35 e acciaio B450C.

#### Risoluzione:



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

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

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

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:

$$d = \sqrt{\frac{M_{sd}}{0,185 \cdot f_{cd} \cdot b}} = \sqrt{\frac{230.000.000}{0,185 \cdot 15,87 \cdot 350}} = 473 \text{ mm}$$

L'altezza della sezione risulta pari a

$$h = d + d' = 473 + 40 = 513 \approx 520 \text{ mm}$$

Altezza utile effettiva 480mm.

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

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

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

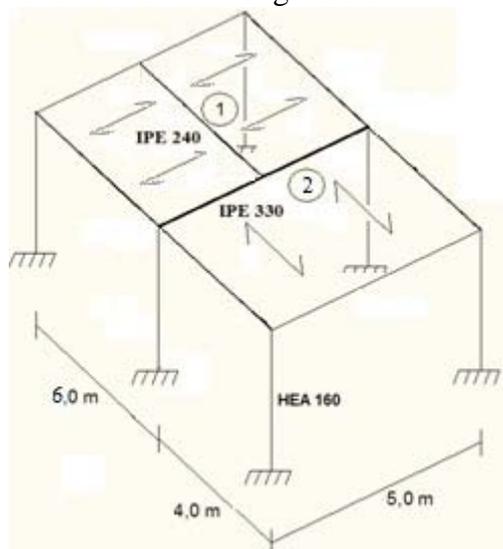
$$A_s = 0,207 b d f_{cd} / f_{yd} = 0,207 \cdot 350 \cdot 480 \cdot 15,87 / 391,3 = 1.410,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area effettiva } 5\phi 20 = 1.571 \text{ mm}^2$$

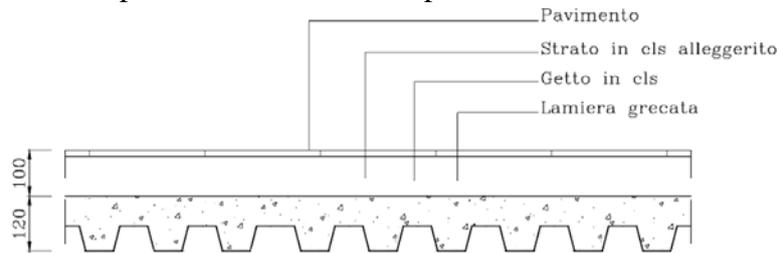
### **Quesito 2 (16 punti)**

Data la struttura in acciaio, riportata in figura, destinata ad uso residenziale, eseguire l'analisi dei carichi e verificare la trave n°2 indicata.

La struttura è realizzata in acciaio S235 con pilastri HEA 160, con travi IPE 330 di classe 1 e IPE 240 di classe 1, si considerino le travi incernierate agli estremi.



-Il solaio è realizzato in lamiera grecata del peso di  $0,25 \text{ kN/m}^2$ , con soletta collaborante del peso di  $2,00 \text{ kN/m}^2$ , da uno strato di cls alleggerito per il passaggio degli impianti di  $70 \text{ mm}$  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  $1,6 \text{ kN/m}^2$  dell'altezza di  $2,6\text{m}$ .

Dati del profilo della trave n°1, IPE 240:

-altezza	h	240	mm
-larghezza	b	120	mm
-spessore delle ali	$t_f$	9,8	mm
-spessore dell'anima	$t_w$	6,2	mm
-raggio di raccordo	r	15	mm
-area	A	3912	$\text{mm}^2$
-momento d'inerzia rispetto all'asse forte	$I_x$	3892	$\text{cm}^4$
-modulo di resistenza plastico rispetto all'asse forte	$W_{pl,x}$	366,6	$\text{cm}^3$
-Peso per unità di lunghezza	$g_t$	0,31	kN/m

Dati del profilo della trave n°2, IPE 330:

-altezza	h	330	mm
-larghezza	b	160	mm
-spessore delle ali	$t_f$	11,5	mm
-spessore dell'anima	$t_w$	7,5	mm
-raggio di raccordo	r	18	mm
-area	A	6.261	$\text{mm}^2$
-momento d'inerzia rispetto all'asse forte	$I_x$	11.770	$\text{cm}^4$
-modulo di resistenza plastico rispetto all'asse forte	$W_{pl,x}$	804,3	$\text{cm}^3$
-Peso per unità di lunghezza	$g_t$	0,49	kN/m

## Risoluzione:

### -Analisi dei carichi

Peso proprio del solaio + carichi permanenti portati per  $\text{m}^2$ :

lamiera grecata		0,25	$\text{kN/m}^2$
soletta collaborante		2,0	$\text{kN/m}^2$
strato di cls alleggerito	$11 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,07\text{m} =$	0,77	$\text{kN/m}^2$
pavimento in piastrelle di $20 \text{ mm}$ del peso di	$20 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,02\text{m} =$	0,4	$\text{kN/m}^2$
<b>peso totale</b>		<b>3,42</b>	<b><math>\text{kN/m}^2</math></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  $1,6 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,60\text{m} = 4,16 \text{ kN/m}$  è pari a  $2,00 \text{ kN/m}^2$ .

Carichi variabili pari a  $2 \text{ kN/m}^2$  per edifici ad uso residenziale

### -Carichi sulla trave n°2

La trave n°2 è soggetta ad una duplice azione di carico:

- carichi uniformemente distribuiti, trasmessi dalla porzione di solaio direttamente gravante sulla trave stessa e dovuti al peso proprio della trave
- carichi concentrati, trasmessi dalla trave n°1

#### Carico uniformemente distribuito:

Peso proprio della trave (n°2)		= 0,49	<b>kN/m</b>
Peso proprio del solaio:	2,25 kN/m <sup>2</sup> ·2,0 m	= 4,50	kN/m
<b>Carico permanente strutturale totale (G1)</b>		<b>5,00</b>	<b>kN/m</b>
Carichi permanenti portati sul solaio:	1,17 kN/m <sup>2</sup> ·2,0m=	2,34	kN/m
Peso proprio dei tramezzi:	2,00 kN/m <sup>2</sup> ·2,0m=	4,00	kN/m
<b>Carico permanente portato totale (G2)</b>		<b>6,34</b>	<b>kN/m</b>
<b>Carichi variabili (Qk1):</b>	2,00 kN/m <sup>2</sup> ·2,0m=	<b>4,0</b>	<b>kN/m</b>

#### 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

$$F_{Qsd} = 1,3 \cdot 5,00 + 1,5 \cdot 6,34 + 1,5 \cdot 4,0 = 22 \text{ kN / m}$$

#### Carico concentrato:

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

Peso proprio della trave (n°1)		= 0,31	<b>kN/m</b>
Peso proprio del solaio:	2,25 kN/m <sup>2</sup> ·2,5 m	= 5,66	kN/m
<b>Carico permanente strutturale totale (G1)</b>		<b>5,97</b>	<b>kN/m</b>
Carichi permanenti portati sul solaio:	1,17 kN/m <sup>2</sup> ·2,5m=	2,93	kN/m
Peso proprio dei tramezzi:	2,00 kN/m <sup>2</sup> ·2,5m=	5,00	kN/m
<b>Carico permanente portato totale (G2)</b>		<b>7,93</b>	<b>kN/m</b>
<b>Carichi variabili (Qk1):</b>	2,00 kN/m <sup>2</sup> ·2,5m=	<b>5,0</b>	<b>kN/m</b>

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

$$F_{Psd} = \frac{[1,3 \cdot 5,97 + 1,5 \cdot 7,93 + 1,5 \cdot 5,0] \cdot 6}{2} = 81,5 \text{ kN}$$

#### -Calcolo delle sollecitazioni

Massimo taglio sollecitante = taglio dovuto al carico distribuito + taglio dovuto al carico concentrato.

$$V_{sd} = V_{Qsd} + V_{Psd} = \frac{F_{Qsd} \cdot 5}{2} + \frac{F_{Psd}}{2} = 55 + 40,8 = 96 \text{ kN}$$

Massimo momento sollecitante = momento dovuto al carico distribuito + momento dovuto al carico concentrato.

$$M_{sd} = \frac{F_{Qsd} \cdot 5^2}{8} + \frac{F_{Psd} \cdot 5}{4} = 69,75 + 101,88 = 172 \text{ kNm}$$

#### -Calcolo della resistenza a taglio

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) t_f = 3.081 \text{ mm}^2$$

$$V_{Pl,Rd} = A_v \frac{f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = 3.081 \cdot \frac{235}{1.05 \cdot \sqrt{3}} = 398.148 \text{ N} \approx 398 \text{ kN}$$

Poiché si ha  $V_{sd} = 96 \text{ kN} < V_{Pl,Rd} = 398 \text{ kN}$  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):

$$M_{c,Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 804.300 \cdot \frac{235}{1.05} = 180.010.000 \text{ Nmm} \approx 180 \text{ kNm}$$

Poiché si ha  $M_{sd} = 172 \text{ kNm} < M_{c,Rd} = 180 \text{ kNm}$  la verifica risulta soddisfatta.

### Quesito 3 (4 punti)

Enunciare i principi del metodo semiprobabilistico agli Stati Limite.

#### Risoluzione:

Vedi NNTC Cap.2.3