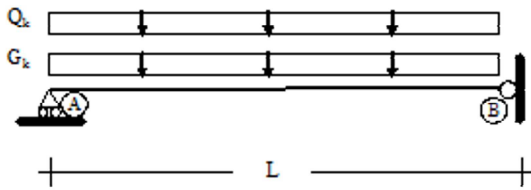


# Esercitazione Acciaio

domenica 7 gennaio 2018 13:28



Carico permanente non compiutamente definito

$$G_k = 15 \text{ kN/m}$$

Carico variabile (categoria D)

$$Q_k = 18 \text{ kN/m}$$

$$L = 5.5 \text{ m}$$

Supponendo di realizzare l'asta mediante un profilo IPE, che l'acciaio adottato sia S235 e che il peso proprio dell'asta sia trascurabile, indica:

1. Il modulo plastico necessario

a. VALORI DI CALCOLO DEI CARICHI:

$$G_d = G_k \cdot \gamma_G = 15 \times 1.5 = 22.5 \text{ kN/m}$$

$$Q_d = Q_k \cdot \gamma_Q = 18 \times 1.5 = 27 \text{ kN/m}$$

$$M_{ed} = \frac{(G_d + Q_d)L^2}{8} = \frac{(22.5 + 27) \times 5.5^2}{8}$$

$$= 187.17 \text{ kNm}$$

$$W_{pe} = \frac{M_{ed} \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{187.17 \times 1.05}{235} \frac{\text{kNm}}{\text{N/mm}^2} \times 10^3$$

$$= 836.3 \text{ cm}^3$$

2. Il profilato adottato

| desi-<br>gnazione<br>profilo | dimensioni |         |         |         |         |                                   |
|------------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------------------------------|
|                              | h<br>mm    | b<br>mm | a<br>mm | e<br>mm | r<br>mm | S <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> |
| IPE 80                       | 80         | 46      | 3,8     | 5,2     | 5       | 11,6                              |
| IPE 100                      | 100        | 55      | 4,1     | 5,7     | 7       | 19,7                              |
| IPE 120                      | 120        | 64      | 4,4     | 6,3     | 7       | 30,4                              |
| IPE 140                      | 140        | 73      | 4,7     | 6,9     | 7       | 44,2                              |
| IPE 160                      | 160        | 82      | 5       | 7,4     | 9       | 61,9                              |
| IPE 180                      | 180        | 91      | 5,3     | 8       | 9       | 83,2                              |
| IPE 200                      | 200        | 100     | 5,6     | 8,5     | 12      | 110                               |
| IPE 220                      | 220        | 110     | 5,9     | 9,2     | 12      | 143                               |
| IPE 240                      | 240        | 120     | 6,2     | 9,8     | 15      | 183                               |
| IPE 270                      | 270        | 135     | 6,6     | 10,2    | 15      | 242                               |
| IPE 300                      | 300        | 150     | 7,1     | 10,7    | 15      | 314                               |
| IPE 330                      | 330        | 160     | 7,5     | 11,5    | 18      | 402                               |
| IPE 360                      | 360        | 170     | 8       | 12,7    | 18      | 510                               |
| IPE 400                      | 400        | 180     | 8,6     | 13,5    | 21      | 654                               |
| IPE 450                      | 450        | 190     | 9,4     | 14,6    | 21      | 851                               |
| IPE 500                      | 500        | 200     | 10,2    | 16      | 21      | 1100                              |
| IPE 550                      | 550        | 210     | 11,1    | 17,2    | 24      | 1390                              |
| IPE 600                      | 600        | 220     | 12      | 19      | 24      | 1760                              |

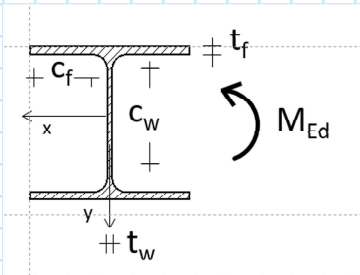
MOMENTO  
STATICO DI  
1/2 SEZIONE

$$S_x = \frac{1}{2} W_{pe}$$

$$= 418.15 \text{ cm}^3$$

IPE 360

3. La classe della sezione. = 1



ANIMA  $\frac{c_w}{t_w} = \frac{(h - 2t_f - 2r)}{t_w}$

$$= \frac{360 - 2 \times 12,7 - 2 \times 18}{8}$$

$$= \frac{298,6}{8} = 37,32$$

$$\leq 72 \varepsilon$$

| Classe                                     | Parte soggetta a flessione |
|--|----------------------------|
| Distribuzione delle tensioni (compress. +) |                            |
| 1  | $c/t \leq 72 \varepsilon$  |
| 2  | $c/t \leq 83 \varepsilon$  |

| Classe                                     | Parte soggetta a compressione |
|--|-------------------------------|
| Distribuzione delle tensioni (compress. +) |                               |
| 1  | $c/t \leq 9 \varepsilon$      |
| 2  | $c/t \leq 10 \varepsilon$     |

ALA:  $\frac{c_f}{t_f} = \frac{b - 2r - t_w}{2t_f}$

$$= \frac{170 - 2 \times 18 - 8}{2 \times 12,7}$$

$$= 4,86 \leq 9 \varepsilon$$

4. Il valore della freccia in mezzeria per la combinazione di carico rara

COMBINAZIONE RARA =  $G_k + Q_k = 15 + 18 = 33 \frac{kN}{m}$

$$f = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{33 \frac{kN}{m} \times 5,5^4 m^4}{210.000 \frac{N}{mm^2} \times 16270 cm^4}$$

$$= 11,51 mm$$

5. Il valore della freccia limite nell'ipotesi che l'asta sia utilizzata per sostenere un solaio.

| Condizioni   | $\delta_{max}$ | $\delta_2$ |
|--|----------------|------------|
| Coperture in generale  | L/200          | L/250      |
| Coperture praticate frequentemente da personale diverso da quello della manutenzione       | L/250          | L/300      |
| Solai in generale  | L/250          | L/300      |
| Solai che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili | L/250          | L/350      |

$\frac{5500}{250} = 22 mm$

Per le domande che seguono fai riferimento ad una coppia di profilati UPN 100 in acciaio S355. L'anima dei profilati ha uno spessore  $t = 6\text{mm}$ , l'area della sezione trasversale di un singolo profilato è  $A = 13.45\text{cm}^2$ . L'anima dei profilati è collegata ad un pilastro tramite bullonatura. Determina

6. La resistenza plastica a trazione della sezione lorda

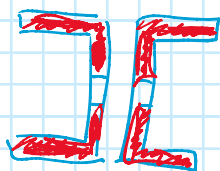
$$N_{pe,rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2 \times 13.45 \text{ cm}^2 \times 355 \text{ N/mm}^2}{1.05} \cdot \frac{1}{10}$$

$$= 909.5 \text{ kN}$$

7. Il massimo diametro del foro per avere un comportamento duttile

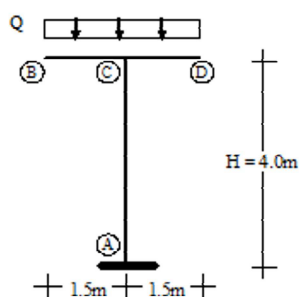
$$N_{u,rd} = \frac{A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0.9 \geq N_{pe,rd} \rightarrow$$

$$A_{net} \geq \frac{1.25 \times 909.5 \text{ kN}}{0.9 \times 510 \text{ N/mm}^2} \times 1000 = 2476.9 \text{ mm}^2$$



$$A_{net} = A - 2 \cdot d_o \cdot t \rightarrow$$

$$d_o = \frac{2 \times 1345 - 2476.9}{2 \times 6} = 17.75 \text{ mm}$$



Per le domande che seguono fai riferimento alla colonna isostatica AC che porta la trave BCD. Tutte le aste sono realizzate in acciaio S275 con un profilato HEA 160 disposto con l'anima nel piano del foglio. Si riporta l'altezza della sezione  $h = 152\text{mm}$ , la larghezza dell'ala  $b = 160\text{mm}$ , lo spessore dell'anima  $t_w = 6\text{mm}$ , lo spessore dell'ala  $t_f = 9\text{mm}$ , il raggio dei raccordi  $r = 15\text{mm}$ , l'area  $A = 38.8\text{cm}^2$ , i momenti d'inerzia  $I_x = 1673\text{cm}^4$  e  $I_y = 616\text{cm}^4$ , i raggi d'inerzia  $i_x = 6.57\text{cm}$  e  $i_y = 3.98\text{cm}$ .

La struttura è sottoposta all'azione del carico Q.

8. Calcolare la snellezza adimensionalizzata relativa al piano in cui la colonna si instabilizza

$$\text{VINCOLO} = \text{NEUS OVE DIREZIONI} \Rightarrow L_0 = 2H$$

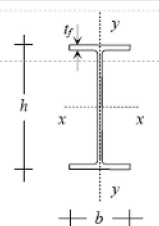
$$\lambda = \frac{L_0}{i_{\min}} = \frac{2 \times 400 \text{ cm}}{3.98 \text{ cm}} = 201$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.14 \cdot \sqrt{\frac{210000}{275}} = 86.77$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = 2.26$$

9. Individua la curva di instabilità da considerare

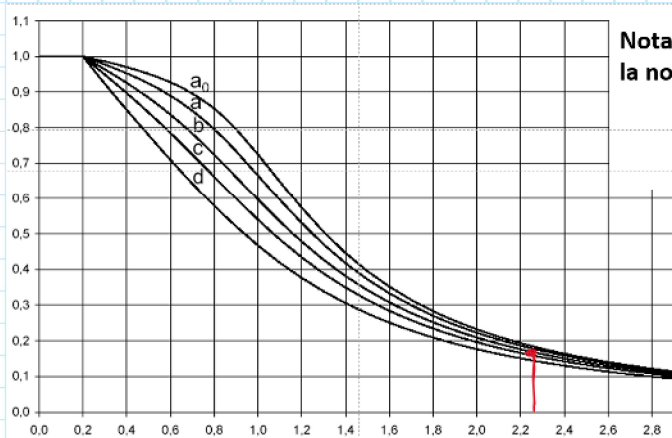
C

| Tipo di sezione   | Limiti         | Asse di inflessione | Curva di stabilità per:      |      |                |
|---|----------------|---------------------|------------------------------|------|----------------|
|   |                |                     | S235<br>S275<br>S355<br>S420 | S460 |                |
| Sezioni laminate<br> | $h/b > 1.2$    | $t_f \leq 40$ mm    | x-x                          | a    | a <sub>0</sub> |
|   |                | $t_f > 40$ mm       | x-x                          | b    | a <sub>0</sub> |
|   | $h/b \leq 1.2$ | $t_f \leq 100$ mm   | y-y                          | c    | a              |
|   |                | $t_f > 100$ mm      | x-x                          | b    | a              |
|   |                | $t_f > 100$ mm      | y-y                          | c    | a              |
|   |                | $t_f > 100$ mm      | x-x                          | d    | c              |
| $t_f > 100$ mm  | $t_f > 100$ mm | y-y                 | d                            | c    |                |

10. Calcolare il valore del carico che determina l'instabilità della colonna

$$N_{b,red} = \chi \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \chi \cdot \frac{38.8 \text{ cm}^2 \times 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1.05} \cdot \frac{1}{10}$$

$$= \chi \cdot 1016.19 \text{ kN}$$



$$\rightarrow N_{b,red} = 162.6 \text{ kN}$$

$$\chi = 0.16$$

$$Q_{max} \times 3 \text{ m} = 162.6 \text{ kN} \rightarrow Q_{max} = 54.2 \text{ kN/m}$$

Per le domande che seguono fai riferimento ad un'asta realizzata in acciaio S355 con un profilato IPE 400 (sezione di classe 1,  $h = 400$  mm,  $b = 180$  mm,  $t_w = 8.6$  mm,  $t_f = 13.5$  mm,  $r = 21$  mm,  $A = 84.5$  cm<sup>2</sup>,  $W_{pl,x} = 1307.0$  cm<sup>3</sup> e  $W_{pl,y} = 229.0$  cm<sup>3</sup>)

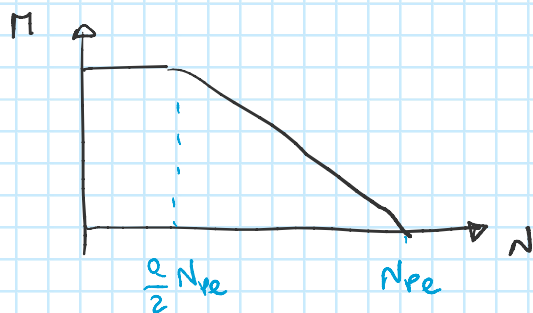
11. Indica il taglio plastico resistente nel piano dell'anima

$$V_{pe,red} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$$

$$A_v = 84.5 \text{ cm}^2 - 2 \times \frac{180 \times 13.5}{100} + (8.6 + 2 \times 21) \times \frac{13.5}{100} = 42.73 \text{ cm}^2$$

$$V_{pe,red} = \frac{42.73 \times 355}{1.05 \sqrt{3}} \cdot \frac{1}{10} = 834.1 \text{ kN}$$

12. Supponendo che la sezione sia soggetta ad uno sforzo normale di trazione  $N_{Ed} = 300$  kN, determina il valore del momento resistente  $M_{N,Rd}$  rispetto all'asse forte della sezione.



$$M = M_{pe,rd} \quad \text{se} \quad \frac{N}{N_{pe}} \leq \frac{q}{2}$$

$$M = M_{pe,rd} \frac{2 - N/N_{pe}}{2 - 0.5q}$$

$$\text{con } q = \frac{A - 2bt_f}{A} \leq 0.5$$

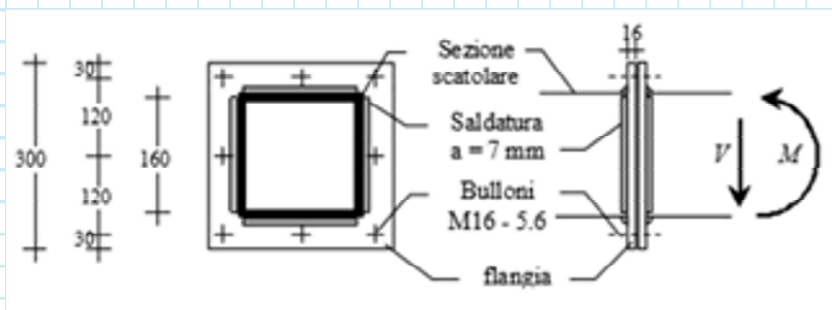
$$q = \frac{84.5 - 2 \times 180 \times 13.5/100}{84.5} = 0.425$$

$$N_{pe,rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{84.5 \text{ cm}^2 \times 355 \text{ N/mm}^2}{1.05} \cdot \frac{1}{10} = 2856.9 \text{ kN}$$

$$\frac{N}{N_{pe,rd}} = \frac{300}{2856.9} = 0.10 < \frac{q}{2} \Rightarrow$$

$$M_{N,Rd} = M_{pe,rd} = \frac{W_{pe} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1307 \times 355}{1.05 \times 10^3} = 441.9 \text{ kNm}$$

Per le domande che seguono fai riferimento al collegamento flangiato mostrato nella figura che segue. Il collegamento deve trasmettere momento flettente e taglio. Gli elementi collegati sono due scatolari 180x10.



Le flange hanno spessore pari a 16 mm e sono collegate ai tubi mediante quattro cordoni (d'angolo) di saldatura di altezza di gola  $a = 7$  mm. Tutti gli elementi sono in acciaio S235. I bulloni utilizzati sono 8 M16 ( $A = 201 \text{ mm}^2$ ,  $A_{res} = 157 \text{ mm}^2$ ) di classe 5.6, filettati solo all'estremità.

Supponi che i tre bulloni disposti nella parte superiore della flangia portino il taglio e che gli altri (posti nella parte intermedia ed inferiore) servano per portare il momento flettente. Inoltre, assumi che i cordoni di saldatura verticale servano per portare il taglio mentre a quelli orizzontali è affidato il momento flettente

13. Quanto vale il taglio  $V$  che determina la rottura dei bulloni della parte superiore della flangia

TAGLIO RESISTENTE DI UN SINGOLO BULLONE:

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad (\text{bulloni filettati alla estremità})$$

$$= \frac{0.6 \times 201 \text{ mm}^2 \times 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times \frac{1}{10^3}}{1.25} = 48.24 \text{ kN}$$

$$\text{NUM. CORDONI} = 3 \rightarrow V_{\max} = 3 \times 1 \times 48.24 = 144.72 \text{ kN}$$

$$\text{NUM. SEZIONI} = 1$$

14. Quanto vale il massimo taglio V che i cordoni di saldatura verticali sono in grado di trasferire (si faccia riferimento al dominio di resistenza sferico)?

$$\text{RESISTENZA DEL SINGOLO CORDONE} : Q \times l_{\text{eff}} \times \frac{f_u}{\beta_w \sqrt{3} \gamma_{M2}}$$

$$l_{\text{eff}} = (160 - 20) = 160 - 14 \text{ mm} = 146 \text{ mm}$$

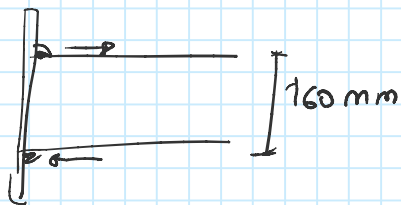
$$f_{\text{wd}} = \frac{360 \text{ N/mm}^2}{0.80 \times \sqrt{3} \times 1.25} = 207.85 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{\text{ind}} = 7 \times 146 \text{ mm}^2 \times 207.85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \frac{1}{10^3} = 212.4 \text{ kN}$$

$$\text{SONO PRESENTI DUE CORDONI} \rightarrow V_{\max} = 2 \times 212.4 = 424.8 \text{ kN}$$

15. Quanto vale il massimo momento flettente M che i cordoni di saldatura orizzontali sono in grado di trasferire (si faccia riferimento al dominio di resistenza sferico)?

IL MOMENTO RESISTENTE È PARIA ALLA FORZA RESISTENTE DEL SINGOLO CORDONE PER IL BRACCIO



$$M_{\max} = 212.4 \text{ kN} \times \frac{160 \text{ mm}}{1000} = 34.0 \text{ kNm}$$