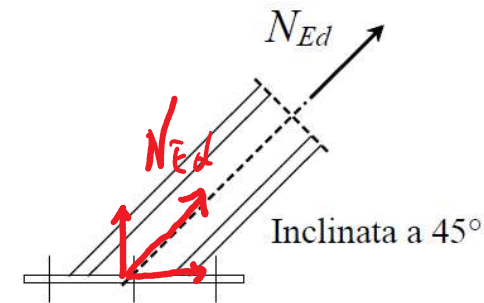


Un profilato a doppio T è saldato ad una flangia di spessore 10 mm. Profilato e flangia sono in acciaio S235. La piastra, a sua volta, è collegata alla struttura mediante 6 bulloni M16 simmetricamente disposti rispetto al centro della piastra (vedi figura). I bulloni presentano il gambo interamente filettato. Le distanze d_1 e d_2 misurate sulla testa del bullone sono 23.67 e 26.75 mm. Le stesse distanze si misurano sul dado. Il profilato è soggetto all'azione di una forza di trazione $N_{Ed} = 250$ kN.



(17) Si determini la classe di resistenza minima dei bulloni necessaria per sopportare la forza N_{Ed} .
(punti 3)

☐ 4.6

☐ 5.6

☐ 6.8

☒ 8.8

☐ 10.9

(18) Si determini la forza di trazione che determina il punzonamento della lamiera (punti 3)

☐ 295.1 kN

☐ 600.3 kN

☐ 821.4 kN

☒ 1161.3 kN

☐ 1500.0 kN

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{6} = \frac{N_{Ed}}{6\sqrt{2}}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{N_{Ed}}{6\sqrt{2}}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1$$

14

$$F_{t,Rd} = 0,9 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{0,6 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times 0,9 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}}} = 1$$

$$f_{ub} = \frac{\gamma_{M2} F_{v,Ed}}{0,6 A_{res}} + \frac{\gamma_{M2} F_{t,Ed}}{1,26 A_{res}} = \frac{1,25 \times 29,5 \times 10^3}{0,6 \times 157} + \frac{1,25 \times 29,5 \times 10^3}{1,26 \times 157}$$

$$= 577,9 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Ed} = F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{6 \sqrt{2}} = \frac{250}{6 \times 0,707} = 29,5 \text{ kN}$$

Bulbini H16 6.8

$$F_{v,Rd} = 0,5 \times A_{wz} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,5 \times 157 \times \frac{600}{1,25} \times \frac{1}{10^3} = 37,4 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0,9 A_{wz} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \times 157 \times \frac{600}{1,25} \times \frac{1}{10^3} = 67,8 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = \frac{29,5}{37,4} + \frac{29,5}{1,4 \times 67,8} = 1,09$$

$$F_{t,Ed} = 29,5 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 67,8 \text{ kN}$$

(18)

$$F_{t,Ed} = B_{p,Rd}$$

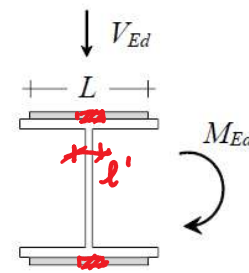
$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{6\sqrt{2}} = B_{p,Rd} \Rightarrow N_{Ed} = 6\sqrt{2} B_{p,Rd}$$

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t \frac{f_u}{\gamma_{H2}} = 0,6 \times \pi \times 25,21 \times 10 \times \frac{360}{1,25} \times \frac{1}{10^3} = 136,9 \text{ kN}$$

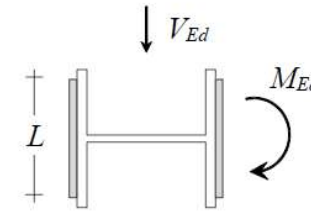
$$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{23,67 + 26,75}{2} = 25,21 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 6 \times \sqrt{2} \times 136,9 = 1161,3 \text{ kN}$$

Un'asta è realizzata mediante un profilato HE 240 B di acciaio S235 ed è saldata con cordoni d'angolo posti sulle ali come illustrato in figura. L'altezza di gola dei cordoni è di 7 mm. La lunghezza dei cordoni, da considerarsi interamente reagenti, è di 220 mm. Il collegamento saldato deve trasmettere un taglio $V_{Ed} = 100$ kN ed un momento flettente. Facendo riferimento al dominio sferico, si indichi il massimo momento M_{Ed} che il collegamento è in grado di trasmettere nei due casi.



Caso n. 1



Caso n. 2

(15) Massimo momento nel “Caso n. 1”:

(punti 4)

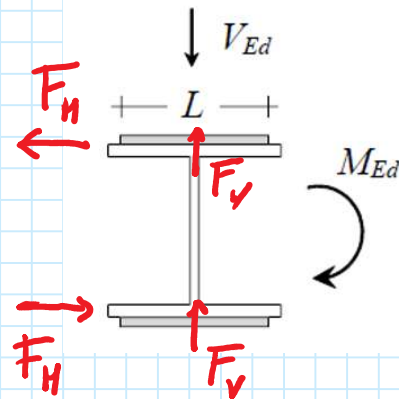
- ☐ 34.3 kNm ☐ 45.3 kNm ☒ 64.8 kNm ☐ 79.2 kNm ☐ 99.4 kNm

(16) Massimo momento nel “Caso n. 2”:

(punti 4)

- ☒ 34.3 kNm ☐ 45.3 kNm ☐ 64.8 kNm ☐ 79.2 kNm ☐ 99.4 kNm

15



$$F_v = \frac{V_{Ed}}{2} \quad F_h = \frac{M_{Ed}}{h}$$

$$F = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed}}{2}\right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{h}\right)^2}$$

$$t = \frac{F}{\alpha l} = \frac{\sqrt{\left(\frac{V_{Ed}}{2}\right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{h}\right)^2}}{\alpha l} = f_{v,w,a}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_{Ed}}{2}\right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{h}\right)^2} = \alpha l f_{v,w,d}$$

$$\left(\frac{V_{Ed}}{2}\right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{h}\right)^2 = \alpha^2 l^2 f_{v,w,d}^2$$

$$\left(\frac{M_{Ed}}{h}\right)^2 = \left(\alpha l f_{v,w,d}\right)^2 - \left(\frac{V_{Ed}}{2}\right)^2$$

$$M_{Ed} = h \sqrt{\left(\alpha l f_{v,w,d}\right)^2 - \left(\frac{V_{Ed}}{2}\right)^2} = 0,24 \times \sqrt{\left(\frac{7 \times 220 \times 207,8}{10^3}\right)^2 - \left(\frac{100}{2}\right)^2}$$

$$= 45,9 \text{ KNm}$$

$$f_{v,w,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 207,8 \text{ MPa}$$

$$2 \alpha l' f_{v,wd} = V_{Ed}$$

$$l' = \frac{V_{Ed}}{2 \alpha f_{v,wd}} = \frac{100 \times 10^3}{2 \times 4 \times 207,8} = 34,4 \text{ mm}$$

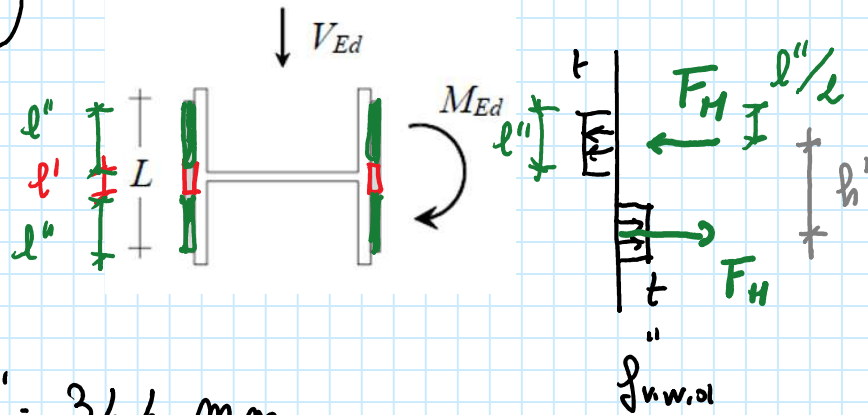
$$F_H = \frac{M_{Ed}}{h}$$

$$t = \frac{M_{Ed}}{h \alpha (l - l')} = f_{v,wd}$$

$$M_{Ed, \max} = h \alpha (l - l') f_{v,wd} = 240 \times 4 \times (220 - 34,4) \times 207,8 \times \frac{1}{10^6}$$

$$= 64,8 \text{ kNm}$$

16



$$l' = 3h,4 \text{ mm}$$

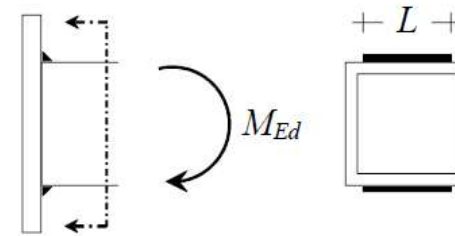
$$l'' = \frac{l - l'}{2} = \frac{220 - 34,4}{2} = 92,8 \text{ mm}$$

$$F_H = 2 \alpha l'' f_{v,w,d} = 2 \times 7 \times 92,8 \times 207,8 \times \frac{1}{10^3} = 2490 \text{ kN}$$

$$h' = l - 2 \times \frac{l''}{2} = 220 - 92,8 = 127,2 \text{ mm}$$

$$M_{Ed, max} = F_H h' = 2490 \times 0,1272 = 316,7 \text{ kNm}$$

Un'asta è realizzata mediante un profilato scatolare di altezza 240 mm in acciaio S235. L'asta è saldata all'estremità mediante cordoni d'angolo posizionati sui lati superiore ed inferiore. L'altezza di gola dei cordoni è 8 mm. In corrispondenza della sezione collegata deve essere trasmesso un momento flettente M_{Ed} pari a 50 kNm. Si consideri efficace il cordone per l'intera lunghezza.



(15) Facendo riferimento al dominio sferico, si progetti la lunghezza L dei cordoni: (punti 3)

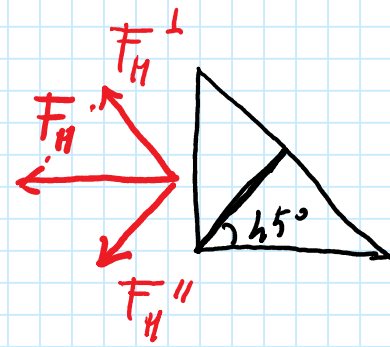
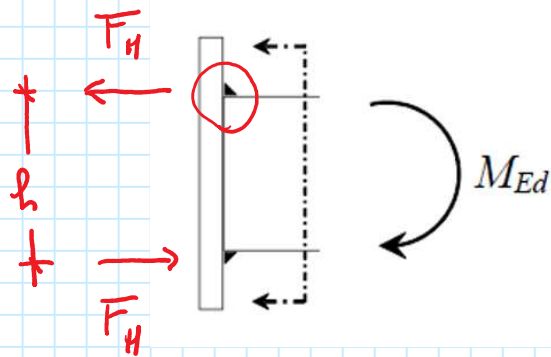
- ☐ 93.2 mm ☒ 125.3 mm ☐ 164.7 mm ☐ 185.0 mm ☐ 210.0 mm

(16) Considerando la lunghezza dei cordoni pari a **210 mm** e l'ellissoide di rotazione come dominio di resistenza, si riporti l'esito della verifica del cordone: (punti 3)

- ☒ 0.236 ☐ 0.352 ☐ 0.514 ☐ 0.745 ☐ 0.971

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\left[\frac{\sigma_{\perp}}{\left(\frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \right)} \right]^2 + 3 \left[\frac{\tau}{\left(\frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \right)} \right]^2 \leq 1$$



$$F_H = \frac{M_{Ed}}{h} = \frac{50}{0,21} = 208,3 \text{ kN}$$

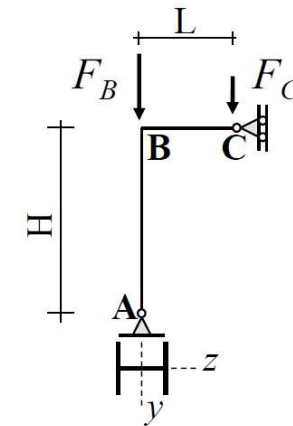
$$\sigma_1 = \frac{F_H^{\perp}}{a \cdot l} = \frac{F_H}{a \cdot l \cdot \sqrt{2}} = \frac{208,3 \times 10^3}{8 \times 210 \times \sqrt{2}} = 84,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{F_H''}{a \cdot l} = 84,7 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_{ct}}{\beta_w \gamma_{H2}} = \frac{360}{0,80 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{84,7}{360} \right)^2 + 3 \left(\frac{84,7}{360} \right)^2 = 0,2341$$

La sezione del quesito precedente è stata utilizzata per realizzare una colonna ad asse spezzato, come mostrato in figura, che dovrai considerare per le domande 10 e 11. Le dimensioni delle due parti della colonna sono pari ad $H = 3.5$ m e $L = 1.25$ m. In punta al tratto orizzontale agisce una forza concentrata $F_C = 40$ kN e sul tratto verticale una forza concentrata $F_B = 400$ kN. Trascura la possibilità che il tratto (AB) della colonna sbandi fuori piano (intorno l'asse debole) ed utilizza il metodo B per considerare la presso-flessione.



(10) Verifica la colonna (AB) soggetta a pressoflessione e indica il valore della verifica: (punti 4)

- ☒ 0.402 ☐ 0.379 ☐ 0.515 ☐ 0.810 ☐ 0.604

(11) Calcola il massimo momento flettente che l'asta (AB) è in grado di portare: (punti 3)

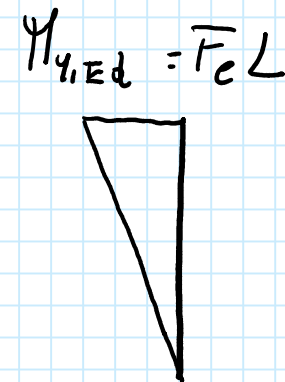
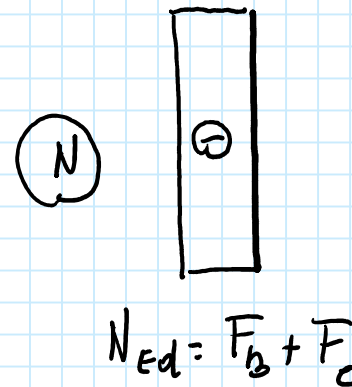
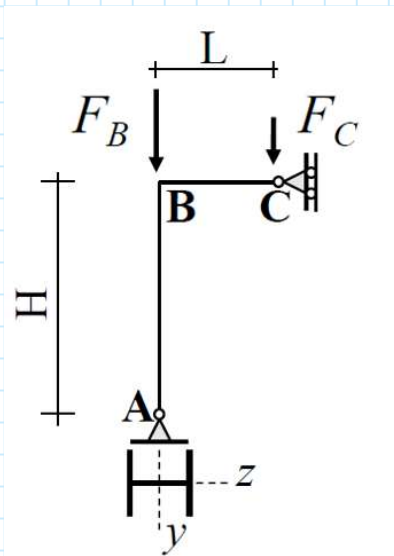
- ☐ 553.8 kNm ☒ 226.4 kNm ☐ 412.4 kNm ☐ 451.5 kNm ☐ 233.3 kNm

(12) Calcola il momento torcente resistente di un profilo tubolare di diametro 200 mm e spessore 5 mm, realizzato in acciaio S235: (punti 3)

- ☒ 38.6 kNm ☐ 40.6 kNm ☐ 21.3 kNm ☐ 54.9 kNm ☐ 49.6 kNm

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + K_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \cancel{K_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}} \leq 1$$

~~$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + K_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + K_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$~~



$$N_{Ed} = F_B + F_C = 440 \text{ kN}$$

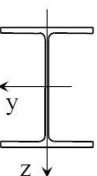
$$M_{y,Ed} = F_C L = 40 \times 1,25 = 50,0 \text{ kNm}$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y A \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$l_{oy} = H = 3,5 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{350}{9,42} = 37,2$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{8091}{91}} = 9,42 \text{ cm} = 94,2 \text{ mm}$$

HE220B	h (mm)	b_f (mm)	t_w (mm)	t_f (mm)	$W_{pl,z}$ (mm ³)	$W_{pl,y}$ (mm ³)	Area (mm ²)	I_z (mm ⁴)	I_y (mm ⁴)
	220	220	9.5	16	393.9×10^3	827.05×10^3	9100	2843×10^4	8091×10^4

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{37,2}{93,9} = 0,3956$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210.000}{235}} = 93,9$$

$$\phi_y = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = \frac{1}{2} \left[1 + 0,34 \times (0,3956 - 0,2) + 0,3956^2 \right]$$

= 0,6115

Choose 6

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,6115 + \sqrt{0,6115^2 - 0,3956^2}} = 0,9278$$

$$N_{b,y,Rd} = 0,9278 \times 91 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10} = 1889,6 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 827,05 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{103} = 185,1 \text{ kNm}$$

Choose 1 or 2

$$K_{yy} = C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,6 \left[1 + (0,3956 - 0,2) \frac{440}{1889,6} \right] = 0,6273$$

$$\leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,2 \psi \geq 0,4$$

$$y=0$$

$$e_{mj} = 0,6 + 0,4 \times 0 = \underline{\underline{0,6}} > 0,4$$

$$\frac{440}{1889,6} + 0,6273 \times \frac{50}{185,4} = 0,402$$