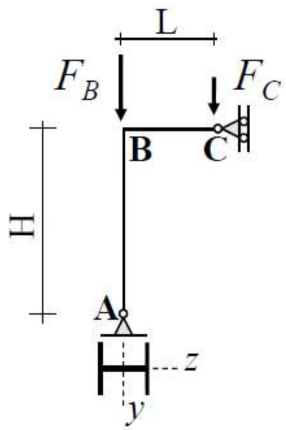
La sezione del quesito precedente è stata utilizzata per realizzare una colonna ad asse spezzato, come mostrato in figura, che dovrai considerare per le domande 10 e 11. Le dimensioni delle due parti della colonna sono pari ad $H = 3.5$ m e $L = 1.25$ m. In punta al tratto orizzontale agisce una forza 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)

1 0.402 2 0.379 3 0.515 4 0.810 5 0.604

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

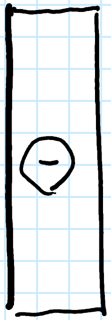
1 553.8 kNm 2 226.4 kNm 3 412.4 kNm 4 451.5 kNm 5 233.3 kNm

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

1 38.6 kNm 2 40.6 kNm 3 21.3 kNm 4 54.9 kNm 5 49.6 kNm

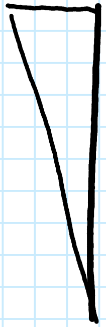
$M_{Ed} = F_C L$

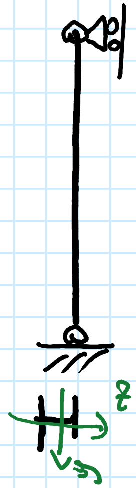
N



$N_{Ed} = -(F_B + F_C)$

M





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

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

$$N_{Ed} = -(F_B + F_C) = -(400 + 40) = -440 \text{ KN}$$

$$M_{Ed} = F_C L = 40 \times 1,25 = 50 \text{ KN m}$$

$$M_{y,Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 827,1 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10^3} = 185,1 \text{ KN m}$$

$$N_{b,Rd} = N_{b,y,Rd}$$

$l_0 = 3,5 \text{ m}$ $\qquad \rho_y = 9,43 \text{ cm}$ $\qquad \lambda = \frac{350}{9,43} = 37,1$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210000}{235}} = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \frac{37,1}{93,9} = 0,3951$$

$$\phi = \frac{1}{2}\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2\right] = \frac{1}{2}\left[1 + 0,34 \times (0,3951 - 0,2) + 0,3951^2\right] =$$

$$= 0,6112$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,6112 + \sqrt{0,6112^2 - 0,3951^2}} = 0,9280$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi A \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,9280 \times 91,0 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10} = 1890,0 \text{ KN}$$

$$C_{m_y} = 0,6 + 0,4\psi = \underline{0,6} \geq 0,4$$

$$\psi = 0$$

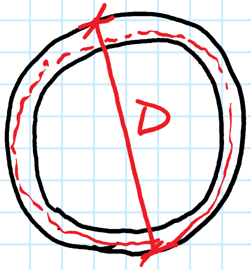
$$K_{yy} = C_{my}\left(1+(\bar{\lambda}_y - 0,2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) \le C_{my}\left(1+0,8\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$K_{yy} = 0,6 \times \left[1 + (0,3951 - 0,2) \times \frac{440}{1890}\right] = 0,6273$$

$$\frac{440}{1890} + 0,6273 \times \frac{50}{185,1} = 0,402$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{Ed}}{M_{y,Rd}} = 1$$

$$M_{Ed,max} = \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}}\right) \frac{M_{y,Rd}}{k_{yy}} = \left(1 - \frac{440}{1890}\right) \frac{185,1}{0,6273} = 226,4 \text{ KNm}$$



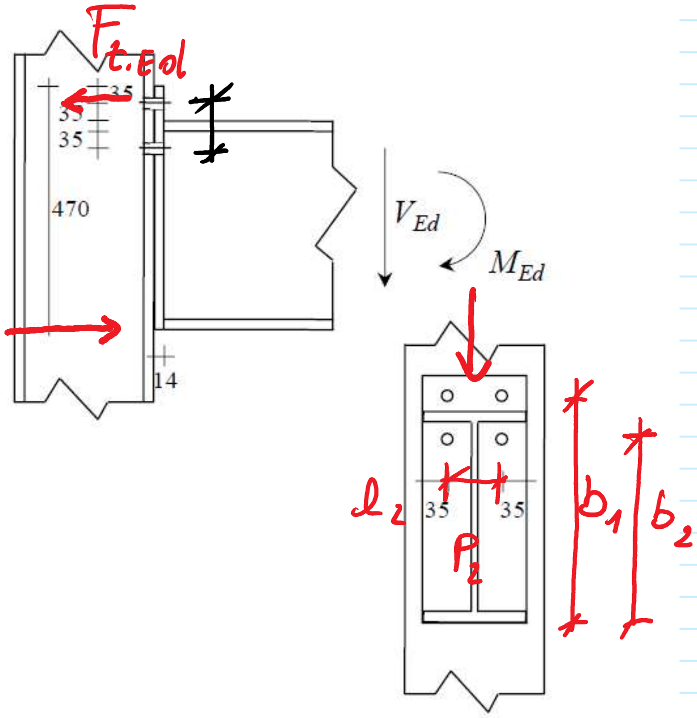
$$T_{Rd} = 2 A_k t \frac{f_y}{\sqrt{3}\,\gamma_{M0}}$$

$$A_k = \frac{\pi}{4} D_k^2 = \frac{\pi}{4} \times 195^2 = 29864 \text{ mm}^2$$

$$D_k = D - \frac{t}{2} - \frac{t}{2} = 200 - 5 = 195 \text{ mm}$$

$$T_{Rd} = 2 \times 29864 \times 5 \times \frac{235}{\sqrt{3} \times 1{,}05} \frac{1}{10^6} = 38{,}6 \text{ kNm}$$

Per le domande che seguono fai riferimento al collegamento trave-colonna flangiato della figura a fianco. La trave è realizzata mediante un profilato IPE 400 (altezza h=400 mm, larghezza dell'ala b=180 mm, spessore dell'anima t_w=8.6 mm, spessore dell'ala t_f=13.5 mm). La colonna è realizzata con un profilato HEB 220 (altezza h=220 mm, larghezza dell'ala b=220 mm, spessore dell'anima t_w=9.5 mm, spessore dell'ala t_f=16 mm). L'acciaio impiegato è un S235 per tutte le parti. Supponi che ai quattro bulloni sia affidato sia il taglio V_{Ed} che il momento flettente M_{Ed}. I bulloni sono M16 di classe 8.8 filettati su tutto il gambo. Il momento flettente M_{Ed} vale 100 kNm.



(17) Si determini la forza di trazione del singolo bullone. (punti 3)

1 41.5 kN 2 49.2 kN ~~3~~ 63.6 kN 4 84.0 kN 5 101.7 kN

(18) Si determini il taglio che provoca il collasso del collegamento per rottura dei bulloni (punti 3)

1 83.1 kN ~~2~~ 120.1 kN 3 150.3 kN 4 202.3 kN 5 241.2 kN

$$M_{Ed} = 2F_{t,Ed}\, b_1 + 2F_{t,Ed}\, b_2$$

$$F_{t,Ed} = \frac{M_{Ed}}{2(b_1 + b_2)} = \frac{100}{2(0,435 + 0,3515)} = 63,6 \text{ KN}$$

$$b_1 = 470 - 35 = 435 \text{ mm}$$

$$b_2 = 470 - 3 \times 35 - 13,5 = 351,5 \text{ mm}$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4}$$

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

sigla	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30
A (mm²)	113	154	201	254	314	380	452	573	707
A_{res} (mm²)	84.3	115	157	192	245	303	353	459	581
A_{res} / A	0.75	0.75	0.78	0.75	0.78	0.80	0.78	0.80	0.82

$$\frac{V_{Ed}/4}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4\, F_{t,Rd}} = 1 \Rightarrow V_{Ed} = 4\, F_{V,Rd} \left(1 - \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4\, F_{t,Rd}} \right)$$

$$F_{t,Rd} = 0{,}9\, A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0{,}9 \times 157 \times \frac{800}{1{,}25} \times \frac{1}{10^3} = 90{,}4\ kN$$

$$F_{V,Rd} = 0{,}6\, A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0{,}6 \times 157 \times \frac{800}{1{,}25} \times \frac{1}{10^3} = 60{,}3\ kN$$

$$V_{Ed,max} = 4\, F_{v,Rd} \left(1 - \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4\, F_{t,Rd}} \right) = 4 \times 60{,}3 \times \left(1 - \frac{63.6}{1{,}4 \times 90{,}4} \right)$$

$$= 120{,}0 \text{ KN}$$

(19) Si determini il momento flettente che provoca il collasso del collegamento per punzonamento della lamiera (d_m = 26.7 mm). (punti 4)

1 159.6 kNm 2 191.6 kNm 3 236.5 kNm 4 276.2 kNm ~~5~~ 319.2 kNm

(20) Si determini il taglio che provoca il collasso del collegamento a causa del rifollamento della lamiera. (punti 4)

1 185.2 kN 2 221.3 kN 3 318.2 kN ~~4~~ 441.3 kN 5 547.26 kN

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

$$\frac{M_{Ed}}{2(b_1+b_2)} = B_{b,Rd} \Rightarrow M_{Ed,pun} = 2B_{p,Rd}(b_1+b_2)$$

$$B_{p,Rd} = 0{,}6\,\pi\, d_m\, t\, \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0{,}6 \times \pi \times 26{,}7 \times 14 \times \frac{360}{1{,}25} \times \frac{1}{10^3}$$

$$= 202{,}9 \text{ KN}$$

$$M_{Ed,pun} = 2 \times 202{,}9 \times (0{,}435 + 0{,}3515) = 319{,}2 \text{ KNm}$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4} \Rightarrow V_{Ed,rif.} = 4\, F_{b,Rd}$$

$$F_{V,Ed} = F_{b,Rd}$$

$$F_{b,Rd} = k\, \alpha\, d\, t\, \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\frac{e_2}{d_0} = \frac{35}{17} = 2{,}05$$

$$\frac{p_2}{d_0} = \frac{180 - 2 \times 35}{17} = 6{,}47$$

$$\Rightarrow \quad k = 2{,}5$$

$$\alpha = \frac{e_1}{3 d_0} = \frac{35}{3 \times 17} = \underline{\underline{0,6863}}$$

$$\alpha = \frac{p_1}{3 d_0} - 0,25 = \frac{2 \times 35 + 13,5}{3 \times 17} - 0,25 = 1,39$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,6863 \times 16 \times 14 \times \frac{360}{1,25} \times \frac{1}{10^3} = 110,7 \text{ KN}$$

$$V_{Ed,wf} = 4 F_{b,Rd} = 4 \times 110,7 = 442,7 \text{ KN}$$