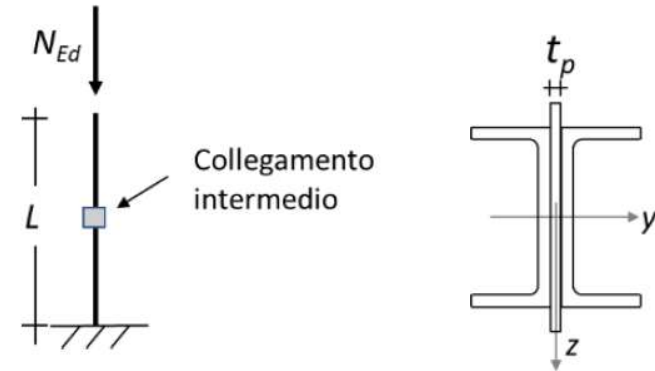


Un'asta compressa in acciaio è realizzata accoppiando due profili **UPN 160** e un piatto di spessore $t_p=13$ mm, realizzati in acciaio **S235**. L'asta ha lunghezza $L=2.20$ m ed è vincolata a un estremo con un incastro perfetto nel piano perpendicolare all'asse z . L'instabilità è impedita nel piano perpendicolare all'asse y . A metà della lunghezza dell'asta è previsto un collegamento intermedio tra i due profilati.



(5) Quanto vale la snellezza equivalente $\lambda_{z,eq}$? (punti 3)

- ☐ 91.40
 ☒ 152.43
 ☐ 182.75
 ☐ 191.32
 ☐ 202.44

(6) Quanto vale la resistenza all'instabilità $N_{b,Rd}$? (punti 4)

- ☐ 597.10 kN
 ☒ 298.41 kN
 ☐ 220.9 kN
 ☐ 178.43 kN
 ☐ 110.21 kN

$$5) \lambda_2^{2L} = \frac{2L}{i_2^{2L}} = \frac{2 \times 220}{3,12} = 141,02$$

$$I_2^{2L} = 2 \left(I_2^{1L} + A^{1L} d^2 \right) = 2 \left[85,1 + 24 \times \left(1,84 + \frac{1,3}{2} \right)^2 \right] = 467,8 \text{ cm}^4$$

$$i_2 = \sqrt{\frac{I_2^{2L}}{A^{2L}}} = \sqrt{\frac{467,8}{48}} = 3,12 \text{ cm}$$

$$\lambda_2^{1C} = \frac{L/2}{\lambda_2^{1C}} = \frac{110}{1,88} = 58,51$$

$$\lambda_{2,eq} = \sqrt{(\lambda_2^{2C})^2 + (\lambda_2^{1C})^2} = \sqrt{141,02^2 + 58,51^2} = 152,7$$

$$6) \quad \lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E_s}{\rho_1}} = \pi \sqrt{\frac{210 \cdot 1000}{235}} = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_{2,eq} = \frac{152,7}{93,9} = 1,62$$

$$\text{Quanto } c \rightarrow \alpha = 0,49$$

$$\phi = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_{2,eq} - 0,2) + \bar{\lambda}_{2,eq}^2 \right] = \frac{1}{2} \left[1 + 0,49 \times (1,62 - 0,2) + 1,62^2 \right]$$

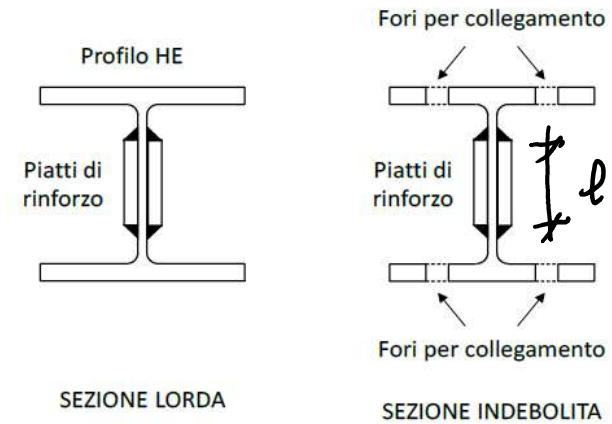
$$= 2,16$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_{2,eq}^2}} = \frac{1}{2,16 + \sqrt{2,16^2 - 1,62^2}} = 0,2786$$

$$N_{b,Rd} = N_{b,Rd,2} = \chi \frac{A f_t}{\gamma_{M1}} = 0,2786 \times 48 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10}$$

$$= 299,4 \text{ kN}$$

Un'asta tesa in acciaio è realizzata rinforzando un profilo HE saldando ai suoi lati due piatti in acciaio come nella figura a fianco. Il profilato è un **HEB220** in acciaio **S235**. I due piatti sono in acciaio **S235** con spessore di **6 mm**. Nella zona di estremità l'asta è collegata al resto della struttura mediante un collegamento bullonato. A causa di ciò, l'asta presenta una sezione indebolita da quattro fori di diametro d_0 **21 mm** praticati sulle flange del profilo HE come mostrato in figura.



- (3) Indica la larghezza minima dei piatti di rinforzo necessari per ottenere una sezione (HE + piatti) in grado di portare uno sforzo normale di trazione N_{Ed} pari a **2400 kN**: (punti 4)
- ☐ 1 80 mm ☐ 2 100 mm ☐ 3 120 mm ☒ 4 140 mm ☐ 5 160 mm
- (4) Se si utilizzano due piatti di rinforzo di larghezza pari a **100 mm** (lo spessore è indicato nel testo accanto alla figura), l'asta tesa in acciaio ottenuta è duttile? (punti 3)
- ☒ 1 Sì ☐ 2 No

$$N_{pl,Rd}^{HE} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = 91 \times \frac{235}{1.05} \times \frac{1}{10} = 2036,6 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} - N_{pl,Rd}^{HE} = 2400 - 2036,6 = 363,3 \text{ kN}$$

$$2 t_p l \frac{f_y}{\gamma_{H0}} = N_{Ed} - N_{pl,Rd}^{HE}$$

$$l = \frac{\gamma_{H0} (N_{Ed} - N_{pl,Rd}^{HE})}{2 t_p f_y} = \frac{1,05 \times 363,3 \times 10^3}{2 \times 6 \times 235} = 135,3 \text{ mm}$$

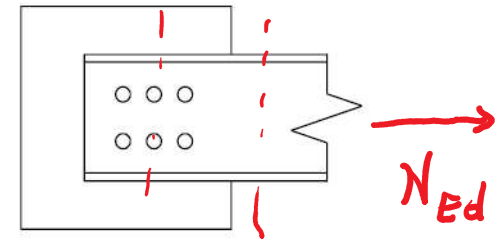
$$4) N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{H0}} = \frac{(91 + 2 \times 0,6 \times 10)}{103 \text{ cm}^2} \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10} = 2305,2 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{H2}} = 0,9 \times 89,6 \times \frac{360}{1,25} \times \frac{1}{10} = 2321,4 \text{ kN}$$

$$A_{net} = A - A_{fori} = 103 - 4 \times 2,1 \times 1,6 = 89,6 \text{ cm}^2$$

$$N_{pl,Rd} < N_{u,Rd} \quad \text{Ductile}$$

Per le domande che seguono fai riferimento ad un'asta in acciaio soggetta ad uno sforzo normale centrato realizzata in acciaio S235 mediante una coppia di UPN 120. L'asta è bullonata agli estremi (vedi figura) ed i fori hanno diametro $d_0 = 21$ mm.



(11) Calcola la resistenza a trazione $N_{t,Rd}$ dell'asta:

(punti 3)

$$N_{t,Rd} = \boxed{728,9} \text{ kN}$$

(12) Calcola la resistenza a compressione $N_{c,Rd}$ dell'asta nell'ipotesi di instabilità impedita:

(punti 3)

$$N_{c,Rd} = \boxed{760,9} \text{ kN}$$

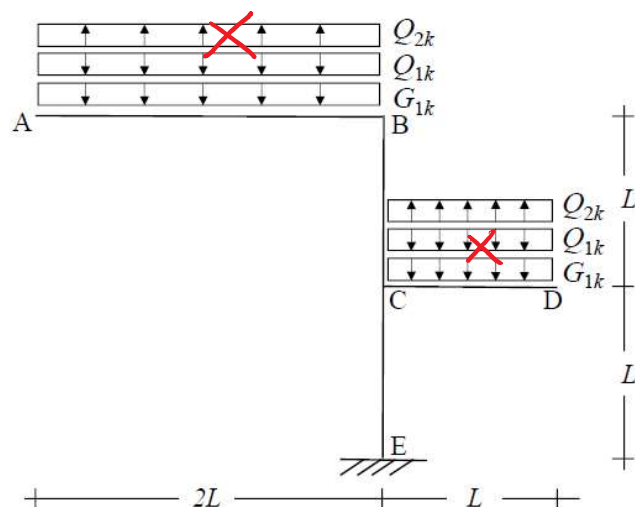
$$11) N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{2 \times 17 \times 235}{1,05} \times \frac{1}{10} = 760,9 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{m2}} = 0,9 \times 28,1 \times \frac{360}{1,25} \times \frac{1}{10} = \underline{728,9 \text{ kN}}$$

$$A_{net} = A - A_{fori} = 2 \times 17 - 4 \times 2,1 \times 0,7 = 28,1 \text{ cm}^2$$

$$12) \quad N_{e, Rd} = N_{pl, Rd} = 760,9 \text{ kN}$$

Per le domande che seguono fai riferimento allo schema rappresentato in figura con luce L pari a 5 m.



Valori caratteristici dei carichi

Carico permanente (compiutamente definito)

$$G_{1k} = 5.0 \text{ kN/m}$$

Carico da neve (quota < 1000 m s.l.m.)

$$Q_{1k} = 15.0 \text{ kN/m}$$

Carico da vento

$$Q_{2k} = -10.0 \text{ kN/m}$$

- (9) Nell'ipotesi di usare gli **stessi** valori dei coefficienti γ_{G1} e γ_Q sia sul tratto AB che CD, valuta il massimo momento flettente della sezione alla base della colonna CE (sezione E) determinato dalla combinazione di carico più gravosa per verifiche allo stato limite ultimo: (punti 4)

☐ 1 525.0 kNm ☐ 2 831.3 kNm ☒ 3 1087.5 kNm ☐ 4 1325.0 kNm ☐ 5 1812.5 kNm

- (10) Nell'ipotesi di usare valori **diversi** dei coefficienti γ_{G1} e γ_Q sui tratti AB e CD, valuta la combinazione di carico per verifiche allo stato limite ultimo che fornisce il massimo momento flettente della sezione alla base della colonna CE (sezione E) ed indicane il valore: (punti 4)

☐ 1 1106.3 kN ☐ 2 1387.5 kN ☐ 3 1456.3 kN ☒ 4 1575.0 kN ☐ 5 1637.5 kN

$$\begin{aligned} \varphi) M_{Ed} &= 1,3 \times 5 \times 10 \times 5 - 1,3 \times 5 \times 5 \times 2,5 + 1,5 \times 15 \times 10 \times 5 + \\ &- 1,5 \times 15 \times 5 \times 2,5 = 1087,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

12) Q_1 principal

$$M_{Ed}^I = 1,3 \times 5 \times 10 \times 5 - 1,0 \times 5 \times 5 \times 2,5 + 1,5 \times 15 \times 10 \times 5 + \\ + 0,6 \times 1,5 \times 10 \times 5 \times 2,5 = \underline{1500,0 \text{ kNm}}$$

Q_2 principal

$$M_{Ed}^{II} = 1,3 \times 5 \times 10 \times 5 - 1,0 \times 5 \times 5 \times 2,5 + 0,5 \times 1,5 \times 15 \times 10 \times 5 + \\ + 1,5 \times 10 \times 5 \times 2,5 = 1012,5 \text{ kNm}$$