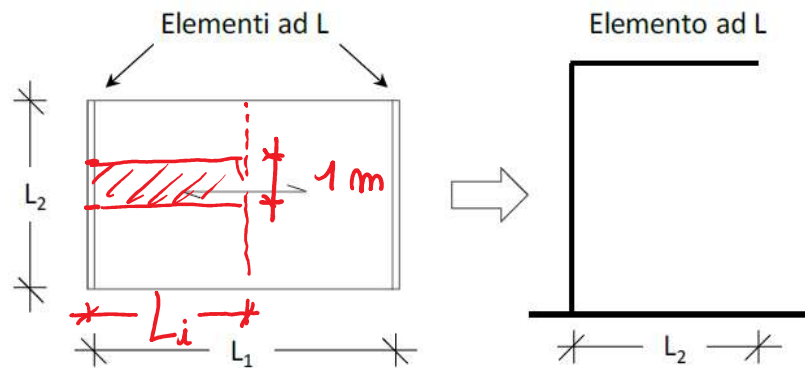


Una soletta è poggiata sui tratti orizzontali di due elementi resistenti a forma di L rovescia. La figura mostra la pianta della soletta con l'indicazione dei due elementi resistenti e lo schema del singolo elemento. Le dimensioni sono L_1 pari a **5.5 m** ed L_2 pari a **3.0 m**. I valori caratteristici dei carichi applicati per unità di lunghezza su ciascuno dei due tratti sono riepilogati di seguito:



Valori caratteristici dei carichi

Carico permanente

$$g_k = \mathbf{0.5 \text{ kN/m}^2}$$

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

$$q_{k1} = \mathbf{1.7 \text{ kN/m}^2}$$

Carico di **categoria A**

$$q_{k2} = \mathbf{2.0 \text{ kN/m}^2}$$

- (1) Combina i carichi per unità di superficie in modo da determinare il massimo momento flettente alla base della colonna dell'elemento resistente ad L per verifica allo SLU ed indicane il valore: (punti 4)

$$\boxed{5.30} \text{ kN/m}^2$$

- (2) Dopo aver determinato la combinazione di carico per SLU che provoca il massimo momento flettente nella sezione di incastro, determina ed indica il valore del momento: (punti 3)

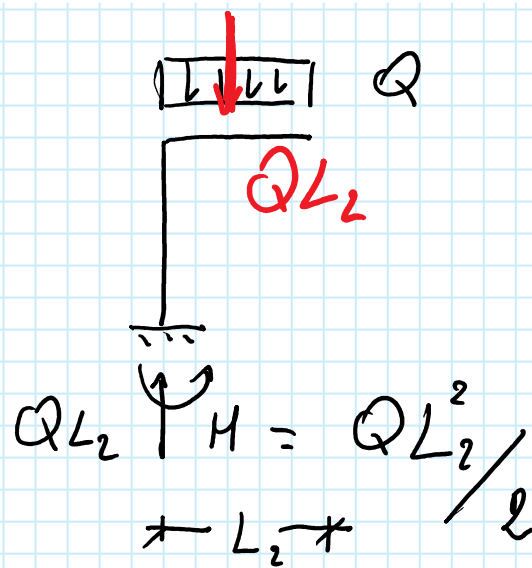
☐ 38.9 kNm

☐ 51.6 kNm

☒ 65.6 kNm

☐ 78.0 kNm

☐ 89.2 kNm



$$Q = q L_i \quad L_i = \frac{L_1}{2}$$

$$\textcircled{1} \quad q_{d1} = \gamma_G q_{k1} = 1,3 \times 0,5 = 0,65 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{d1} = \gamma_Q q_{k1} = 1,5 \times 1,7 = 2,55 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{d2} = \gamma_Q q_{k2} = 1,5 \times 2,0 = 3,00 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{d1} + q_{d1} + \psi_{02} q_{d2} = 0,65 + 2,55 + 0,7 \times 3,00 = \underline{\underline{5,30}} \text{ KN/m}^2$$

$$q_{d1} + \psi_{01} q_{d1} + q_{d2} = 0,65 + 0,5 \times 2,55 + 3,00 = 4,93 \text{ KN/m}^2$$

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella tratta
dalla NTC18

②

$$(G_{d1} + Q_{d1} + \gamma_{02} Q_{d2}) = (g_{d1} + q_{d1} + \gamma_{02} q_{d2}) L_i$$

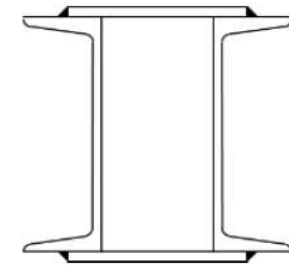
$$= 5,30 \times 2,75 = 14,58 \text{ kN/m}$$

$$L_i = \frac{L_1}{2} = \frac{5,5}{2} = 2,75 \text{ m}$$

$$M_{Eol} = (G_{d1} + Q_{d1} + \gamma_{02} Q_{d2}) \frac{L_i^2}{2} = 14,58 \times \frac{3^2}{2} = 65,6 \text{ kNm}$$

- (3) Un'asta tesa è realizzata saldando due piatti di larghezza b pari a **100 mm** e spessore t_f pari a **10 mm** ad una coppia di profilati UPN. Tutte le parti sono realizzate in acciaio **S275**. Considerato che l'asta deve sopportare uno sforzo normale N_{Ed} pari a **1050 kN**, si indichi la sezione necessaria per i due profilati UPN.

(punti 4)



☒ UPN80 ☐ UPN100 ☐ UPN120 ☐ UPN140 ☐ UPN160

③

$$N_{pl, Rd} \geq N_{Ed}$$

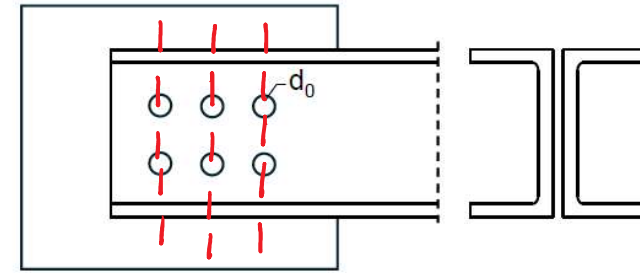
$$A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \geq N_{Ed} \Rightarrow A \geq \frac{N_{Ed} \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{1050 \times 1,05}{275} \times \frac{10^3}{10^2} = 40,1 \text{ cm}^2$$

$$A = 2 A^{UPN} + 2 b t_f$$

$$A^{UPN} = \frac{A - 2 b t_f}{2} = \frac{40,1 - 2 \times 10 \times 1}{2} = 10,1 \text{ cm}^2$$

uso UPN80
 $A^{UPN80} = 11,0 \text{ cm}^2$

Un'asta tesa in acciaio è realizzata in acciaio **S235** con una coppia di profili **UPN 100** ed è collegata a un piatto attraverso il collegamento bullonato mostrato in figura. Pertanto, l'asta presenta una sezione indebolita da fori di diametro **d₀ 13 mm**. La figura mostra una vista laterale del collegamento asta-piatto e la sezione trasversale netta dell'asta.



- (4) Calcola il rapporto tra la resistenza ultima e la resistenza plastica dell'asta allo SLU e indica con una "X" se il comportamento dell'asta è duttile o fragile: (punti 4)

$$N_{u,Rd}/N_{pl,Rd} = \boxed{1.03}$$

Duttile ☒ Fragile ☐

(4)

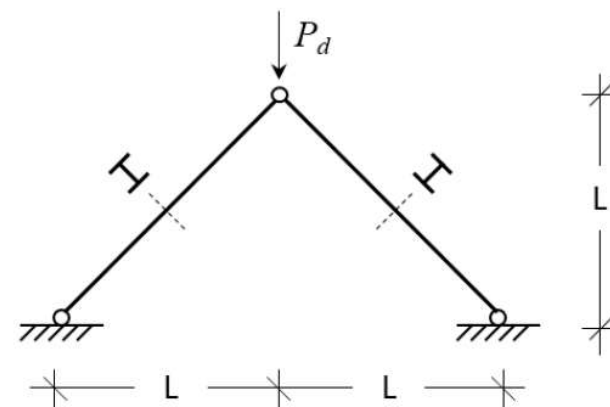
$$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2 \times 13,5 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10} = 604,3 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \times 23,9 \times \frac{360}{1,25} \times \frac{1}{10} = 619,5 \text{ kN}$$

$$A_{net} = A - A_{fori} = 2 \times 13,5 - 4 \times 0,6 \times 1,3 = 23,9 \text{ cm}^2$$

$$\frac{N_{u,Rd}}{N_{pl,Rd}} = \frac{619,5}{604,3} = 1,03$$

La struttura disegnata a lato è realizzata mediante due profilati a doppio T identici. I profilati sono disposti con l'anima nel piano del foglio. Nel piano ortogonale al foglio, le due sezioni alla base sono collegate al terreno mediante cerniere ed è impedito lo spostamento orizzontale del nodo in sommità. Le condizioni di vincolo nel piano del foglio si desumono dalla figura. La sezione trasversale delle due aste è **HE200B**. L'asta è realizzata in acciaio **S235**. La lunghezza indicata in figura è **L=4.50 m**.



(5) Determina le snellezze λ_y e λ_z della singola asta ed indica il valore maggiore? (punti 3)

☐ 63.2

☐ 88.6

☐ 108.3

☒ 125.7

☐ 139.6

(6) Quale è il valore della **forza P_d** che determina l'instabilità della struttura? (punti 4)

kN

5

$$\lambda_z = \frac{l_{oz}}{i_z} = \frac{636}{5,04} = 125,44$$

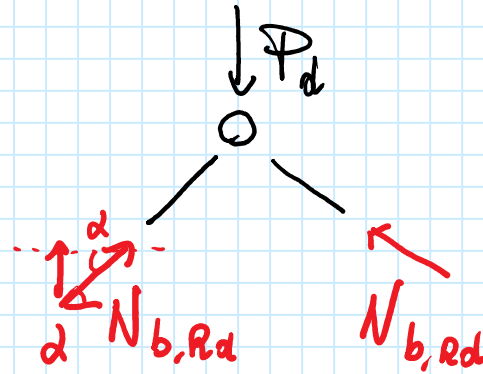
$$l_{oz} = l_{oy} = \sqrt{L^2 + L^2} = \sqrt{2}L = \sqrt{2} \times 4,50 = 6,36 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{636}{8,54} = 74,47$$

⑥

Equilibrio alle trazioni
verticali:

$$-P_d + 2 N_{b,Rd} \sin \alpha = 0$$



$$P_d = 2 N_{b,Rd} \sin \alpha = 2 \times 653,4 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 924,5 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z A \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,3740 \times 48,1 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10} = 653,4 \text{ kN}$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,6706 + \sqrt{1,6706^2 - 1,3359^2}} = 0,3740$$

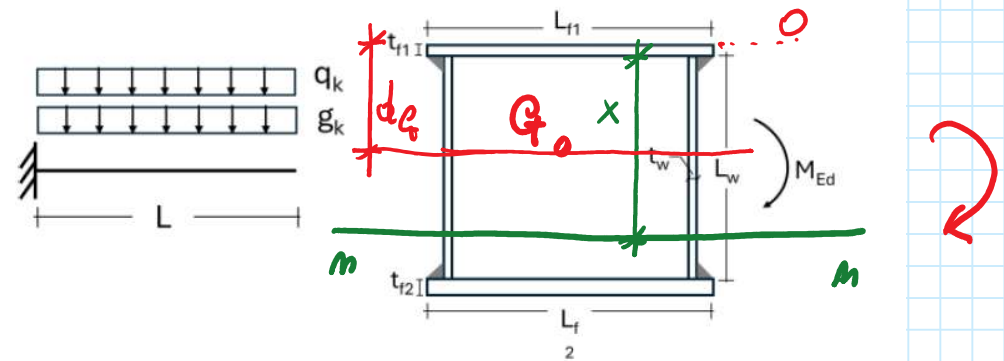
$$\phi_2 = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_2 - 0,2) + \bar{\lambda}_2^2 \right] = \frac{1}{2} \left[1 + 0,49 \times (1,3359 - 0,2) + 1,3359^2 \right]$$

$$= 1,6706$$

$$\bar{\lambda}_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{125,44}{93,9} = 1,3359$$

cuantia $c \Rightarrow \alpha = 0,49$

La trave a mensola mostrata nella figura a destra ha la sezione trasversale realizzata saldando dei piatti in acciaio **S235**. L'asta ha una lunghezza **$L=5.00$ m** ed è soggetta a un carico permanente **$g_k=20$ kN/m** e un carico variabile **$q_k=12$ kN/m**. La flangia superiore ha larghezza **$L_{f1}=490$ mm** e spessore **$t_{f1}=10$ mm**; le due anime hanno lunghezza **$L_w=350$ mm** e spessore **$t_w=7.5$ mm**; la flangia inferiore ha larghezza **$L_{f2}=490$ mm** e spessore **$t_{f2}=15$ mm**. I cordoni di saldature hanno larghezza **8 mm**.



- (7) Sapendo che la sezione è di **classe 1**, quanto vale il suo momento resistente allo SLU?

(punti 4)

☐ 1 264.8 kNm ☐ 2 367.7 kNm ☐ 3 488.1 kNm ☒ 4 578.0 kNm ☐ 5 774.2 kNm

- (8) Valuta l'abbassamento δ_{\max} dell'asta e indica quanto vale il rapporto tra questo e il valore limite di deformabilità $\delta_{\max, \lim}$ imposto dalla normativa per coperture in generale (facendo attenzione che in questo caso l'elemento è una trave a sbalzo):

(punti 4)

$$\delta / \delta_{\lim} = \boxed{0.535}$$

7

$$M_{Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2560,8 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10^3} = 543,1 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} = 2 S_{1/2} = 2 \times 1280,4 = 2560,8 \text{ cm}^3$$

$$A = 10 \times 490 + 15 \times 490 + 2 \times 7,5 \times 350 = 17500 \text{ mm}^2 = 17,5 \text{ cm}^2$$

$$S_o = 10 \times 490 \times 0,5 + 2 \times 7,5 \times 350 \times \left(10 + \frac{350}{2}\right) + 15 \times 490 \times \left(10 + 350 + \frac{15}{2}\right)$$

$$= 3642375 \text{ mm}^3$$

$$d_e = \frac{3642375}{17500} = 210,0 \text{ mm}$$

$$L_{f1} t_{f1} + 2 t_w x = \frac{A}{2}$$

$$x = \frac{\frac{A}{2} - L_{f1} t_{f1}}{2 t_w} = \frac{\frac{14500}{2} - 490 \times 10}{2 \times 7,5} = 256,7 \text{ mm}$$

$$S_{1/2} = 10 \times 490 \times \left(210,0 - \frac{10}{2} \right) + 2 \times 7,5 \times 256,7 \times \left(210 - 10 - \frac{256,7}{2} \right)$$

$$= 1280388 \text{ mm}^3 = 1280,4 \text{ l m}^3$$

⑧

$$\delta_{\max} = \frac{(q_k + q_k) L^4}{8 E_s I} = \frac{(20 + 12) \times 5,0^4}{8 \times 210000 \times 44530,2} \times \frac{10^8}{10^4} = 26,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I = & 490 \times \frac{10^3}{12} + 490 \times 10 \times \left(210 - \frac{10}{2}\right)^2 + \\ & + 2 \times 4,5 \times \frac{350^3}{12} + 2 \times 4,5 \times 350 \times \left(210 - 10 - \frac{350}{2}\right)^2 + \\ & + 490 \times \frac{15^3}{12} + 490 \times 15 \times \left(10 + 350 + \frac{15}{2} - 210\right)^2 : \\ = & 445302083 \text{ mm}^4 = 44530,2 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\delta_{\max, \text{lim}} = 2 \frac{L}{200} = 2 \times \frac{5000}{200} = 50 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta_{\max}}{\delta_{\max, \text{lim}}} = \frac{26,7}{50} = 0,534$$

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{\max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	
<i>In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.</i>		