

LABORATORI DI COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA 2 (A - B - C)

Seconda Prova in Corso d'Anno

Martedì 4 giugno 2002

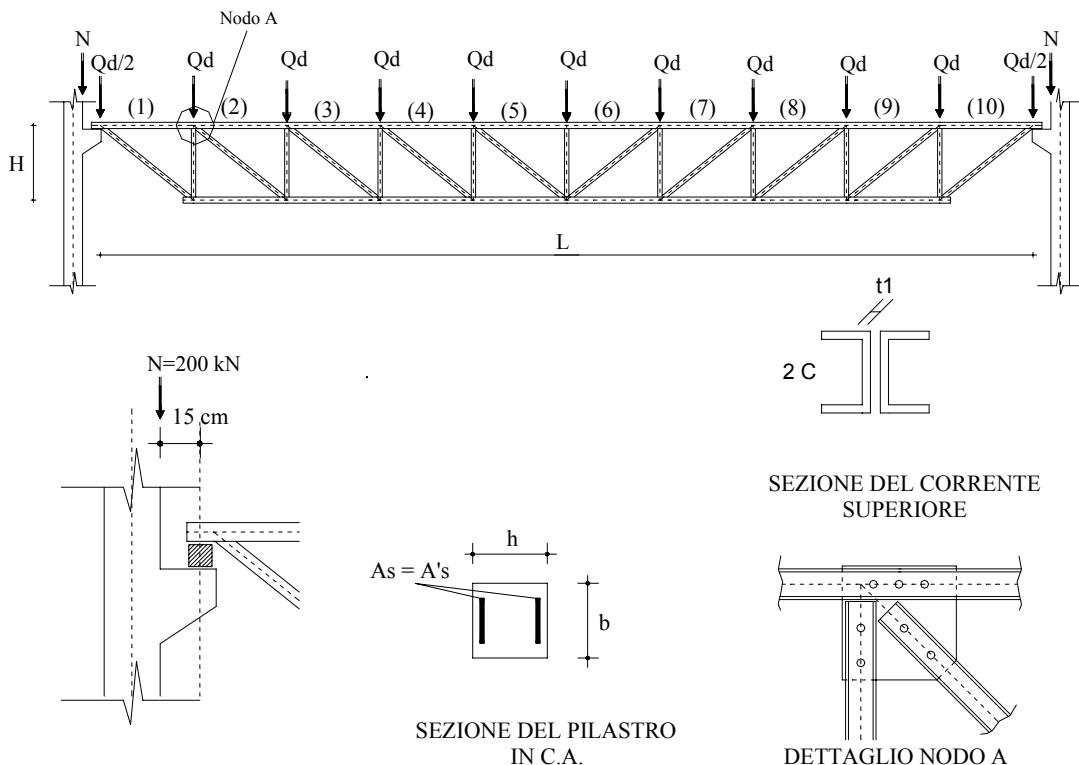
Si consideri la struttura in figura costituita da una trave reticolare di acciaio, di luce $L=15$ m, altezza $H=1.2$ m, sottoposta ai carichi $Q_d=30$ kN, sostenuta da due pilastri in c.a.. Si assuma che i nodi della trave reticolare siano vincolati a non spostarsi fuori dal piano dalla struttura secondaria.

1) **Cemento Armato**

- Verificare la sezione del pilastro, di dimensioni $b=h=35$ cm, copriferro $d'=3$ cm, armatura $A_s=A_s'=3\Phi 16$, sottoposta alla reazione della trave ed alle forze illustrate in figura (trascurando il peso proprio della trave). Le caratteristiche dei materiali siano: Acciaio FeB 44K, Calcestruzzo Rck 25 Mpa.

2) **Acciaio**

- Effettuare la verifica di stabilità del corrente superiore compresso della trave reticolare nella campata (5), costituito da due profilati U 100 accoppiati di acciaio Fe 430 (resistenza di calcolo $f_d = 275$ N/mm²) con due imbottiture intermedie di spessore $t_1 = 12$ mm.
- Progettare l'asta diagonale di parete nella campata (2) utilizzando due profilati U ed il suo collegamento nel nodo A attraverso due bulloni classe 6.8 (resistenza di calcolo a taglio $f_{d,V} = 255$ N/mm²) con interposto fazzoletto di spessore $t_1 = 12$ mm.



1) Pressoflessione

Sollecitazioni.

Il pilastro è soggetto ad uno sforzo normale pari alla somma di N con il carico trasmesso dalla trave e ad un momento dovuto all'eccentricità dei singoli sforzi normali rispetto all'asse geometrico.

$$N_d = (30 \times 10)/2 + 200 = 350 \text{ kN}$$

$$M_d = 200 \times 17,5 + 150 \times 32,5 = 8375 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 83,75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Armatura

$$A_s = A'_s = 6 \text{ cm}^2$$

Caratteristiche dei materiali

$$R_{ck} = 25 \text{ MPa} \rightarrow \bar{f}_{cd} = 11,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{FeB44K} \quad f_{yd} = 374 \text{ N/mm}^2 \quad \varepsilon_{yd} = 1,82 \text{ }^\circ/\text{oo}$$

Determinazione della regione di rottura

$$\mu_s = \mu'_s = \frac{600 \times 374}{350 \times 320 \times 11,02} = 0,18$$

$$n_d = \frac{350 \times 10^3}{350 \times 320 \times 11,02} = 0,28$$

Il valore di n_d è tale per cui è possibile escludere a priori la regione 0 e la regione 4

Limite tra le regioni 1 - 2

$$N_u^{1-2} = 0,81 \times b \times d \times \bar{f}_{cd} + A'_s f_{yd} - A_s f_{yd}$$

$$\text{con } K = 0,658 \quad \delta = \frac{3}{32} = 0,093$$

$$\Rightarrow \varepsilon'_s = 3,5 \text{ }^\circ/\text{oo} \times \frac{K - \delta}{K} = 3,5 \times 10^{-3} \times \frac{0,658 - 0,093}{0,658} = 3 \text{ }^\circ/\text{oo} > \varepsilon_{yd} \rightarrow \text{Verificato}$$

$$n_u^{1-2} = 0,533 + \mu'_s - \mu_s = 0,533$$

Limite tra le regioni 2 - 3

$$N_u^{2-3} = 0,81 \times b \times d \times K^{2-3} \times \bar{f}_{cd} + \sigma'_s A'_s - f_{yd} A_s$$

$$K^{2-3} = 0,259 \quad \delta = 0,093$$

$$\varepsilon'_s = 3,5 \times 10^{-3} \times \frac{0,259 - 0,093}{0,259} = 0,0022 \Rightarrow 2,2 \text{ }^\circ/\text{oo} > 1,82 \text{ }^\circ/\text{oo}$$

$$n_u^{2-3} = 0,21 + \mu'_s - \mu_s = 0,21 + 0,257 - 0,257 = 0,21 \quad 0,21 < 0,28 < 0,533 \Rightarrow \text{Regione 2}$$

Essendo la rottura in regione 2 l'acciaio è sicuramente snervato sia a trazione che a compressione.

$$n_d = 0,8 K + \mu'_s - \mu_s \quad K = \frac{n_d}{0,8} = \frac{0,28}{0,8} = 0,35$$

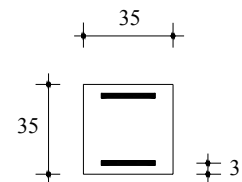
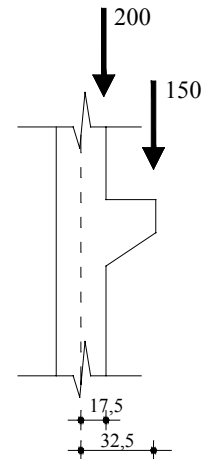
$$\text{Verifica di } \varepsilon'_s \Rightarrow \varepsilon'_s = 3,5 \text{ }^\circ/\text{oo} \times \frac{K - \delta}{K} = 3,5 \text{ }^\circ/\text{oo} \times \frac{0,35 - 0,093}{0,35} = 2,57 \text{ }^\circ/\text{oo} > \varepsilon_{yd} \Rightarrow \text{Verificato}$$

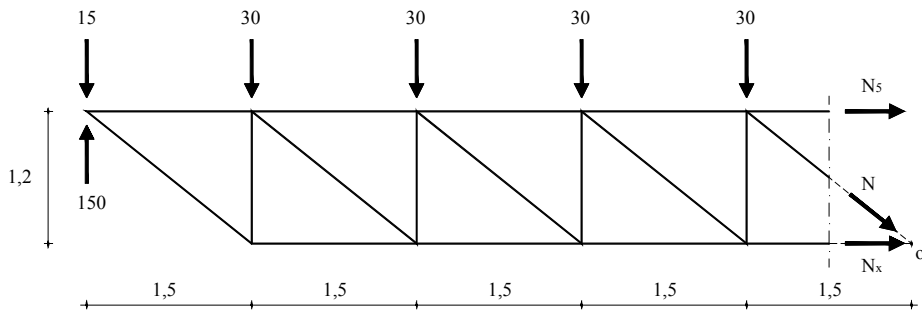
Calcolo il momento ultimo rispetto all'asse geometrico della sezione

$$M_u = 0,8 \times K \times b \times d \times \bar{f}_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - 0,416 \times K \times d \right) + A'_s f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_s f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right)$$

$$M_u = 0,8 \times 0,35 \times 350 \times 320 \times 11,02 \times (175 - 0,416 \times 0,35 \times 320) + 600 \times 374(175 - 30) + 600 \times 374(175 - 30)$$

$$M_u = 109,45 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_d$$





2) Verifica di stabilità asta compressa

Valore della sollecitazione nel corrente superiore in campata 5

Momento rispetto ad O

$$-N_5 \times 1,2 + 30 \times 1,5 + 30 \times 3 + 30 \times 4,5 + 30 \times 6 + 15 \times 7,5 - 150 \times 7,5 = 0$$

$$-N_5 \times 1,2 - 562,5 = 0 \rightarrow N_5 = -468,75 \text{ kN}$$

L'asta è soggetta ad uno sforzo di compressione.

L'asta è composta da 2 profilati U100 accoppiati con imbottiture

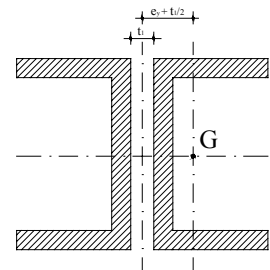
interne di spessore $t_1 = 12 \text{ mm}$. Dai sagomari si desumono le caratteristiche del profilato U100

$$A = 13,5 \text{ cm}^2$$

$$e_y = 1,55 \text{ cm}$$

$$I_x = 205 \text{ cm}^4 \quad \rho_x = 3,91 \text{ cm}$$

$$I_y = 29,1 \text{ cm}^4 \quad \rho_y = 1,47 \text{ cm}$$



verifica intorno a X

$$\lambda_x = \frac{l_0}{\rho_x} = \frac{150}{3,91} = 38,36 \approx 39 \Rightarrow \omega = 1,15$$

Verifica intorno all'asse Y

$$I'_y = 2 \left[I_y + A \left(e_y \times \frac{t_1}{2} \right)^2 \right] = 2 \left[29,1 + 13,5 \left(1,55 \times \frac{1,2}{2} \right)^2 \right] = 183 \text{ cm}^4$$

$$\rho'_y = \sqrt{\frac{I'_y}{2A}} = \sqrt{\frac{183}{2 \times 13,5}} = 2,60 \text{ cm} \quad \lambda'_y = \frac{150}{2,60} = 57,7$$

$$\lambda_1 = \frac{150/3}{1,47} = 34,01$$

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda'_y{}^2 + \lambda_1^2} = \sqrt{57,7^2 + 34,01^2} = 66,98 \approx 67 \Rightarrow \omega = 1,50$$

Confrontando λ_x e λ_{eq} si deduce che la verifica più gravosa è quella intorno all'asse y

$$\sigma = \frac{\omega N}{2A} = 1,50 \times \frac{468,75 \times 10^3}{2 \times 1350} = 260,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \Rightarrow \text{Verificato}$$

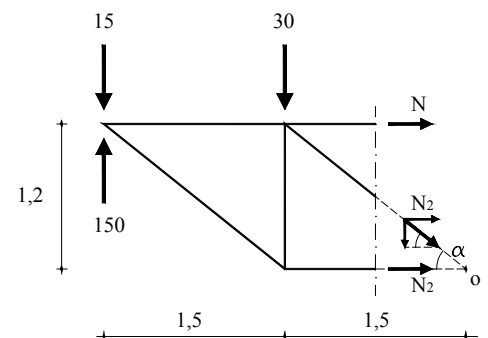
3) Progetto asta diagonale e collegamento bullonato

Valore della sollecitazione nell'asta di parete diagonale in campata 2

Equilibrio alla traslazione verticale:

$$-15 - 30 + 150 - N_2 \times \text{sen} \alpha = 0 \quad \alpha = \arctan \frac{1,2}{1,5} = 38,65^\circ \quad N_2 = \frac{105}{\text{sen} \alpha} = 168,12 \text{ kN} \quad (\text{asta tesa})$$

Il collegamento deve essere realizzato con 2 bulloni su una fila sola



Progetto dei bulloni ($f_{d,v} = 255 \text{ N/mm}^2$) Considerando 2 superfici di taglio

$$A_b = \frac{N}{f_{d,v} \times 2} = \frac{168,12 \times 10^3 \text{ N}}{2 \times 255 \text{ N/mm}^2} = 329 \text{ mm}^2 = 3,29 \text{ cm}^2 \quad n_b = 2 \quad A_{1,b} = \frac{A_b}{n_b} = \frac{3,29}{2} = 1,64 \text{ cm}^2$$

Servono 2 $\phi 18$ con area resistente $A_b = 1,92 \text{ cm}^2$ diametro del foro $d' = d + 1 \text{ mm} = 23,5 \text{ mm}$

– Verifica a taglio nel bullone

$$\tau = \frac{N}{2 \times n_b \times A_{1,b}} = \frac{168,12 \times 10^3}{2 \times 2 \times 192} = \frac{168,12 \times 10^3}{768} = 218,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 255 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

– Progetto del profilo a U.

$$A_{\text{str.nec}} = \frac{N}{f_d} = \frac{168,12 \times 10^3}{275} = 611,34 \text{ mm}^2 = 6,12 \text{ cm}^2 \quad \text{Avendo 2 profili } A_{\text{str.nec}} = 6,12 / 2 = 3,06 \text{ cm}^2$$

Apparentemente un profilo molto piccolo sarebbe sufficiente (U30/40/50), compatibilmente con la verifica a strappo, ma bisogna controllare che le sue dimensioni siano sufficienti per contenere un bullone $\phi 18$.

$$1,5d \leq a_1/a \leq 3d \Rightarrow 27 \text{ mm} \leq a_1/a \leq 54 \text{ mm}$$

$$3d \leq p \leq 10d \Rightarrow 54 \text{ mm} \leq p \leq 180 \text{ mm}$$

La normativa impone che a_1 sia almeno 27 cm, quindi è necessario utilizzare due U65 con

$A = 9,03 \text{ cm}^2$ ciascuno, cioè un'area sicuramente sovrabbondante rispetto alle verifiche tensionali come dimostra la verifica a strappo:

$$\sigma = \frac{N/2}{A_{\text{prof}} - t \times d'} = \frac{168,12/2}{9,03 - 0,55 \times 1,9} = 10,52 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq f_d$$

- Verifica a rifollamento

$$\alpha = \frac{a}{d} = 1,66 \quad \alpha f_d = 458 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

La verifica più gravosa è sul profilo

$$\sigma_{\text{rif}} = \frac{N/2}{n_b \times d_b \times t_i} = \frac{168,12/2}{2 \times 1,8 \times 0,55} = 42,45 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 45,8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Verifica a rifollamento del fazzoletto

$$\sigma_{\text{rif}} = \frac{N}{n_b \times d_b \times t} = \frac{168,12}{2 \times 1,8 \times 1,2} = 38,91 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 45,8 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

