

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

Seconda Prova in Corso d'Anno

Martedì 4 giugno 2002

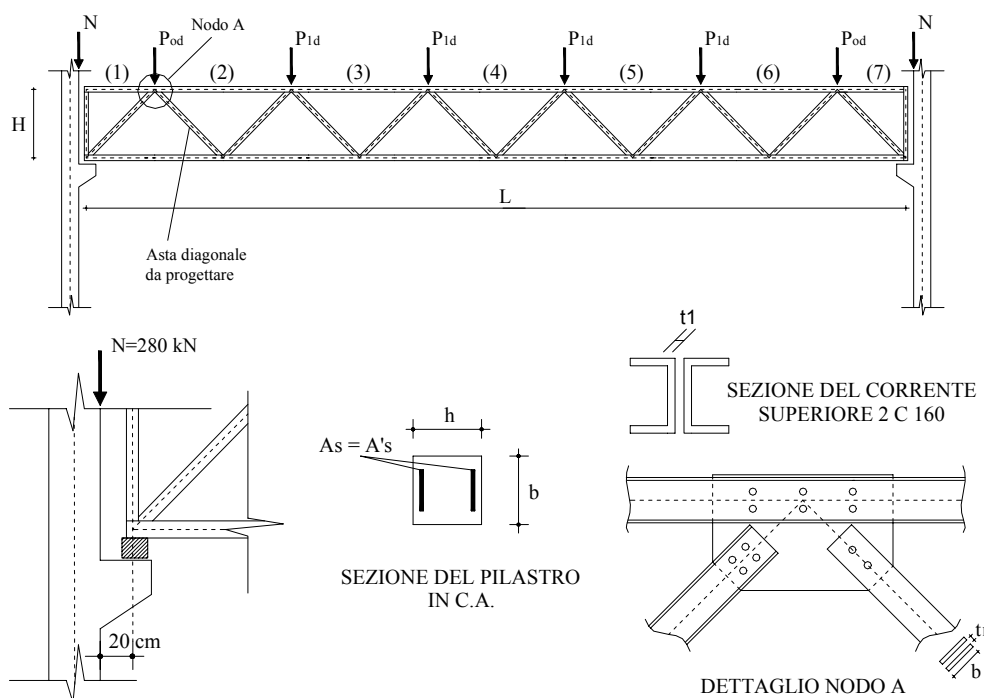
Si consideri la struttura in figura costituita da una trave reticolare di acciaio, di luce $L=9.6$ m, altezza $H=0.8$ m, sottoposta ai carichi $P_{od}=60$ kN, $P_{1d}=80$ kN come indicato in figura, sostenuta da due pilastri in c.a.. Si assuma che i nodi della trave reticolare siano vincolati a non spostarsi 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 $A_s=A_s'=4\Phi 18$, 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 30 Mpa.

2) **Acciaio**

- Effettuare la verifica di stabilità del corrente superiore compresso della trave reticolare nella campata (4), costituito da due profilati U 160 accoppiati di acciaio Fe 360 (resistenza di calcolo $f_d = 235$ N/mm²) con due imbottiture intermedie di spessore $t_1 = 11$ mm.
- Progettare l'asta diagonale di parete indicata in figura, utilizzando due piatti accoppiati di larghezza $b=85$ mm e spessore da determinare, ed il suo collegamento nel nodo A attraverso due bulloni classe 5.6 (resistenza di calcolo a taglio $f_{d,v} = 212$ N/mm²) con interposto fazzoletto di spessore $t_1 = 11$ mm.



1) Pressoflessione

Sollecitazioni.

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

$$N_d = (60 \times 2 + 80 \times 4) / 2 + 280 = 500 \text{ kN}$$

$$M_d = 280 \times 17,5 + 220 \times 37,5 = 13150 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 131,5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Armatura

$$A_s = A'_s = 4 \varphi 18 = 4 \times 2,54 \text{ cm}^2 = 10,17 \text{ cm}^2$$

Caratteristiche dei materiali

$$R_{ck} = 30 \text{ MPa} \rightarrow \bar{f}_{cd} = 1,323 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{FeB44K} \quad f_{yd} = 37,4 \text{ kN/cm}^2 \quad \varepsilon_y = 1,82 \text{ ‰}$$

Determinazione della regione di rottura

$$\mu_s = \mu'_s = \frac{10,17 \times 37,4}{35 \times 32 \times 1,323} = 0,257$$

$$n_d = \frac{\text{kN}}{35 \times 32 \times 1,323} = 0,337$$

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

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

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

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

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

Limite tra le regioni 2-3

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

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

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

$$n_u^{2-3} = 0,21 + \mu'_s - \mu_s = 0,21 + 0,257 - 0,257 = 0,21 \quad 0,21 < 0,337 < 0,533 \Rightarrow \text{Regione 2}$$

L'acciaio è sicuramente snervato sia a trazione che a compressione.

$$n_d = 0,81 K + \mu'_s - \mu_s \quad K = \frac{n_d}{0,81} = \frac{0,337}{0,81} = 0,416$$

$$\text{Verifica di } \varepsilon'_s \Rightarrow \varepsilon'_s = 3,5 \text{ ‰} \times \frac{K - \delta}{K} = 3,5 \text{ ‰} \times \frac{0,416 - 0,093}{0,416} = 2,7 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd}$$

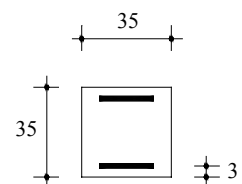
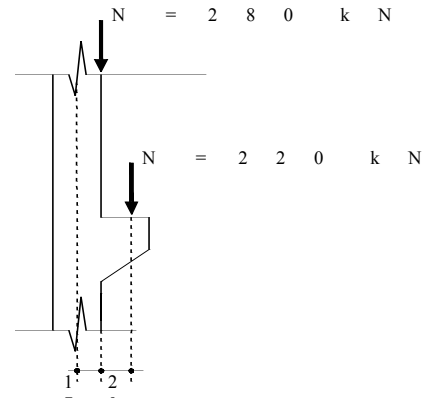
$$y_c = Kd = 0,416 \times 32 = 13,31 \text{ cm}$$

Calcolo il momento ultimo rispetto all'asse geometrico della sezione

$$M_u = 0,81 \times K \times b \times d \times \bar{f}_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - 0,416 \times y_c \right) + A'_s f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_s f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right)$$

$$M_u = 0,81 \times 13,23 \times 35 \times 32 \times 1,323 \times (17,5 - 5,54) + 380,36 \times 14,5 + 380,36 \times 14,5$$

$$M_u = 17001 \text{ kN} \cdot \text{cm} = 170 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_d$$



2) Verifica di stabilità asta compressa

Valore della sollecitazione nel corrente superiore in campata 4

Momento rispetto a O

$$0 = N_4 \times 0,8 - 220 \times 4,8 + 60 \times 4 + 80 \times 2,4 + 80 \times 0,8$$

$$= N_4 \times 0,8 - 560 \rightarrow N_4 = 700 \text{ kN}$$

L'asta è soggetta ad uno sforzo di compressione.

L'asta è composta da 2 profilati U160 accoppiati con imbottiture

interne di spessore $t_1 = 11 \text{ mm}$. Dai sagomari si desumono le caratteristiche del profilato U160

$$A = 24 \text{ cm}^2$$

$$e_y = 1,84 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 925 \text{ cm}^4 \quad \rho_x = 6,21 \text{ cm}$$

$$I_y = 85,1 \text{ cm}^4 \quad \rho_y = 1,88 \text{ cm}$$

verifica intorno a X

$$\lambda_x = \frac{l_0}{\rho_x} = \frac{1,60}{6,21} = 25,76 \approx 26 \Rightarrow \omega = 1,04$$

Verifica intorno all'asse Y

$$d = e_y + \frac{t_1}{2} = 1,84 + 0,55 = 2,39 \text{ cm}$$

$$I'_y = 2 \left[I_y + (A \times d^2) \right] = 2 \left[85,1 + (24 \times 2,39^2) \right] = 444,38 \text{ cm}^4$$

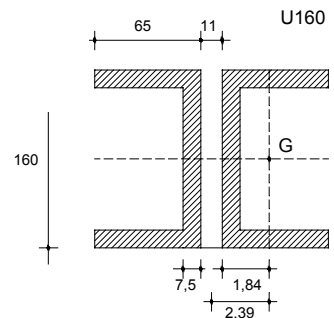
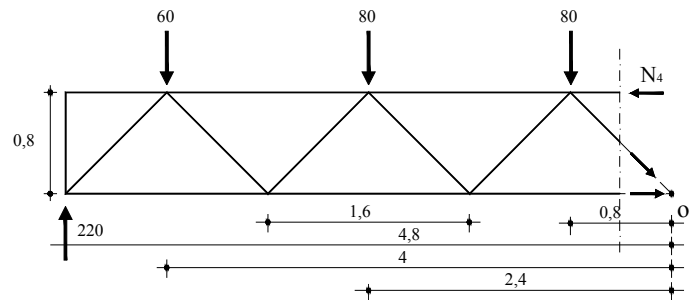
$$\rho'_y = \sqrt{\frac{444,38}{2 \times 24}} = 3,04 \text{ cm} \quad \lambda'_y = \frac{160}{3,04} = 52,63$$

$$\lambda_1 = \frac{160/3}{1,88} = 28,36$$

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda'_y{}^2 + \lambda_1^2} = \sqrt{52,63^2 + 28,36^2} = 59,78 \approx 60 \Rightarrow \omega = 1,33$$

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

$$\sigma = \frac{\omega N}{A} = 1,33 \times \frac{700}{48} = 19,39 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \text{Verificato}$$



3) Progetto asta diagonale e collegamento bullonato

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

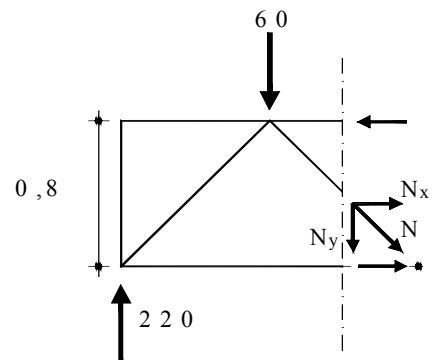
Le aste sono a 45°

Equilibrio alla traslazione verticale :

$$N_y + 60 - 220 = 0 \quad N_y = 220 - 60 = 160 \text{ kN}$$

$$N = \frac{160}{\cos 45^\circ} = 226 \text{ kN}$$

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



Progetto dei bulloni ($f_{d,v} = 212 \text{ N/mm}^2$) Considerando 2 superfici di taglio

$$V_b = \frac{N}{2 \times 2} = \frac{226}{4} = 56,50 \text{ kN}$$

$$A_b = \frac{56500 \text{ N}}{212 \text{ N/mm}^2} = 266,5 \text{ mm}^2$$

Servono 2 $\varnothing 22$ con area resistente $A_b = 303 \text{ mm}^2 = 3,03 \text{ cm}^2$ foro = 23,5 mm

- Verifica a taglio nel bullone

$$\tau = \frac{V_b}{A_b} = \frac{56,5}{3,03} = 18,64 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 21,2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Progetto del piatto. La base b del piatto è data. Bisogna quindi progettare lo spessore e la disposizione dei bulloni.

$$1,5 \leq \frac{a_1/a}{d} \leq 3$$

$$a_1 = a = 42,5$$

$$3 \leq \frac{p}{d} \leq 10 \quad p = 7d = 140 \text{ mm}$$

Spessore del piatto

$$A_{\text{netta}} = \frac{N}{f_d} = \frac{226}{23,5} = 9,61 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{netta}} = 2[b \times t - d' \times t] = 2t(b - d')$$

$$t = \frac{A_{\text{netta}}}{2(b - d')} = \frac{9,61}{2(8,5 - 2,35)} = 0,781 \text{ cm} \Rightarrow t = 8 \text{ mm}$$

$$A_{\text{eff}} = 2[85 \times 8 - 23,5 \times 8] = 984 \text{ mm}^2$$

- Verifica a strappo

$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{netta}}} = \frac{226 \text{ kN}}{9,84 \text{ cm}^2} = 22,96 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

- Verifica a rifollamento

$$\alpha = \frac{a}{b} = 2,12 \quad \alpha f_d = 49,82 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

La verifica più gravosa è sul fazzoletto

$$\sigma_{\text{rif}} = \frac{V_b \times 2}{t_1 \times d} = \frac{V_b \times 2}{11 \times 22} = \frac{113000}{11 \times 22} = 466,94 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 498,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

- Verifica a rifollamento del piatto

$$\sigma_{\text{rif}} = \frac{V_b}{t_1 \times d} = \frac{V_b}{8 \times 22} = \frac{56000}{8 \times 22} = 318,18 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 498,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

