

# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA TRE

Facoltà di Architettura

## Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 2 (A – B – C)

Prof. G. de Felice - Prof. R. Giannini - Prof. G. Serino

PROVA DI RECUPERO – 03/07/2001

### Esercizio A

Si consideri la struttura in figura 1 (simmetrica rispetto all'asse OO') costituita da una trave reticolare di acciaio nella campata centrale che si appoggia attraverso selle Gerber (in C) su due travi di cemento armato nelle campate laterali.

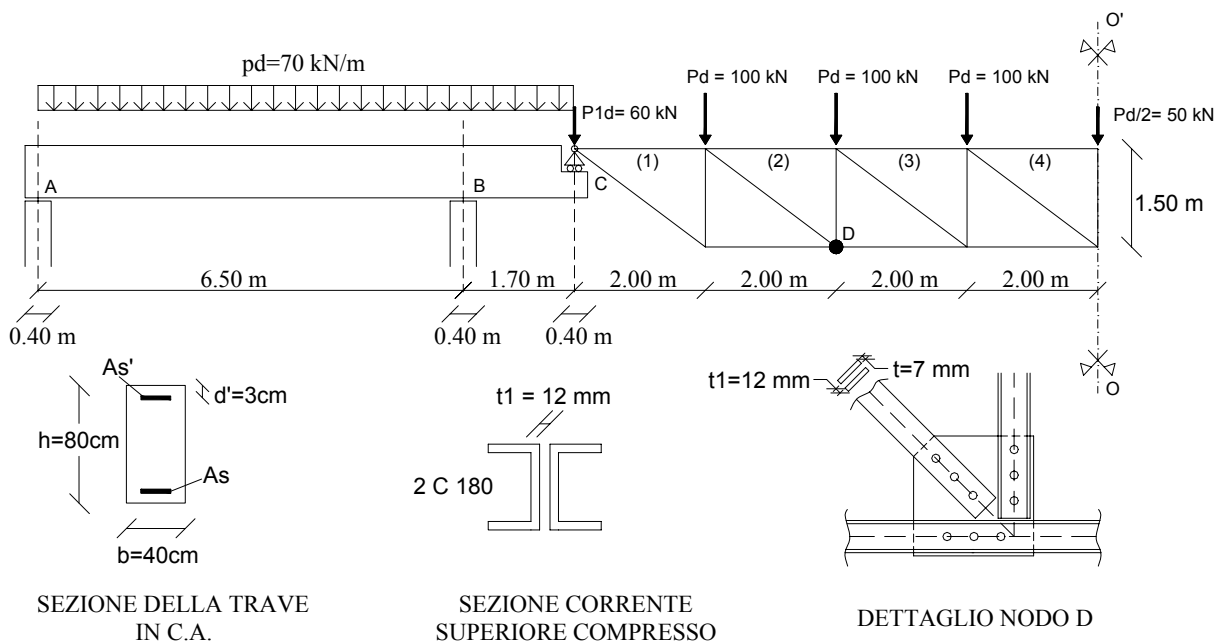
#### 1) Cemento Armato

- Progettare le armature longitudinali della trave avente sezione cm. 40 x 80, sotto l'azione dei seguenti carichi di progetto: il carico uniformemente distribuito  $p_d = 70 \text{ kN/m}$  e la forza di estremità trasmessa dalla trave reticolare.
- Disegnare il tracciato dei ferri e verificare la sezione in corrispondenza dell'appoggio B.
- Progettare le armature di taglio della trave nel tratto dello sbalzo BC.

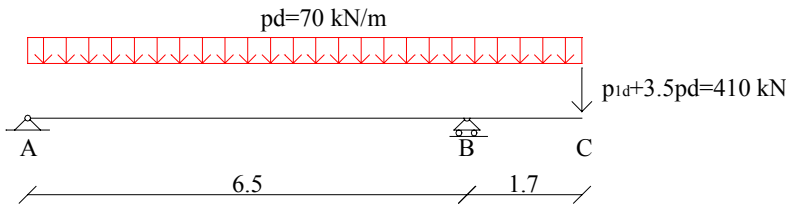
Le caratteristiche dei materiali siano: Acciaio FeB 44K , Calcestruzzo Rck 30 Mpa.

#### 2) Acciaio

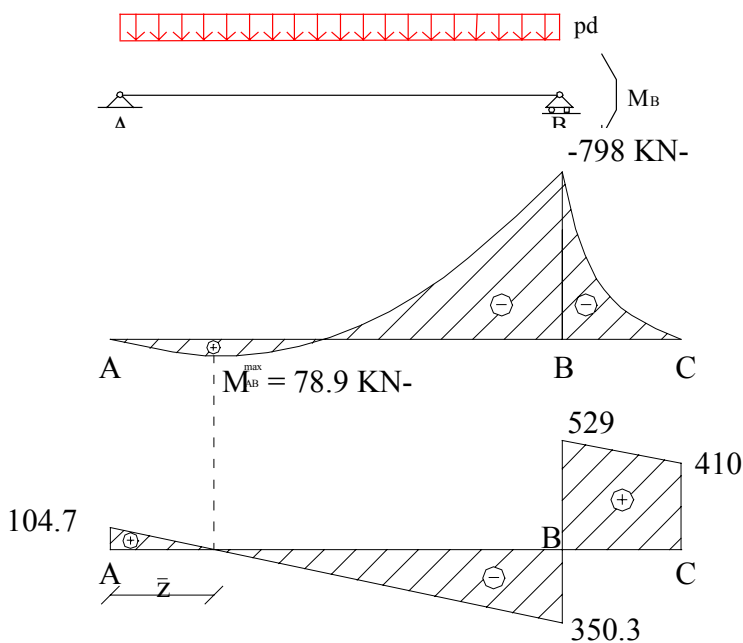
- Effettuare la verifica di stabilità del corrente superiore compresso della trave reticolare nella campata (4) costituito da due profilati C 180 accoppiati di acciaio Fe 510 (resistenza di calcolo  $f_d = 355 \text{ N/mm}^2$ ) con due imbottiture intermedie di spessore  $t_1 = 12 \text{ mm}$ .
- Progettare l'asta diagonale di parete nella campata (2) utilizzando due piatti accoppiati di spessore  $t = 7 \text{ mm}$  ed il suo collegamento nel nodo D attraverso tre bulloni classe 6.8 (resistenza di calcolo a taglio  $f_{d,v} = 255 \text{ N/mm}^2$ ) con interposto fazzoletto di spessore  $t_1 = 12 \text{ mm}$ .



1) SOLUZIONE DEL PROBLEMA STATICO  
Sella GEBER (cemento armato)



$$M_B = -140 * 1.70 - \frac{70 * 1.70^2}{2} = -798 \text{ KN} \cdot \text{m}$$



$$T_A = \frac{70 * 6.5}{2} - \frac{798}{6.5} = 104.7 \text{ KN}$$

$$T_A = R_A \rightarrow R_B = 984 - 104.7 = 879.3 \text{ KN}$$

$$T_B^{\text{sin}} = \frac{70 * 6.5}{2} - \frac{798}{6.5} = 350.3 \text{ KN}$$

$$T_B^{\text{des}} = -350.3 + 879.3 = 529 \text{ KN}$$

$$\bar{z} = \frac{T_A}{p_d} = \frac{104.7}{70} = 1.50 \text{ m}$$

$$M_{AB}^{\text{max}} = T_A * \bar{z} - \frac{p_d * \bar{z}^2}{2} = 104.7 * 1.50 - \frac{70 * (1.50)^2}{2} = 78.3 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Caratteristiche dei materiali:

$$\text{Acciaio : FeB44K} \rightarrow f_{yk} = 430 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow f_{yd} = \frac{430}{1.15} = 374 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 37.4 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} \quad \varepsilon_{yd} = \frac{374}{205000} = 1.82\%$$

$$\text{Cls : } R_{ck} = 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \rightarrow f_{cd} = \frac{0.83 * 30}{1.6} = 15.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1.55 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

$$\bar{f}_{cd} = 0.85 * f_{cd} = 13.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1.32 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 * f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 * 0.27 * \sqrt[3]{R_{ck}^2}}{\gamma_c} = \frac{0.7 * 0.27 * \sqrt[3]{30^2}}{1.6} = 1.14 \text{ N/mm}^2$$

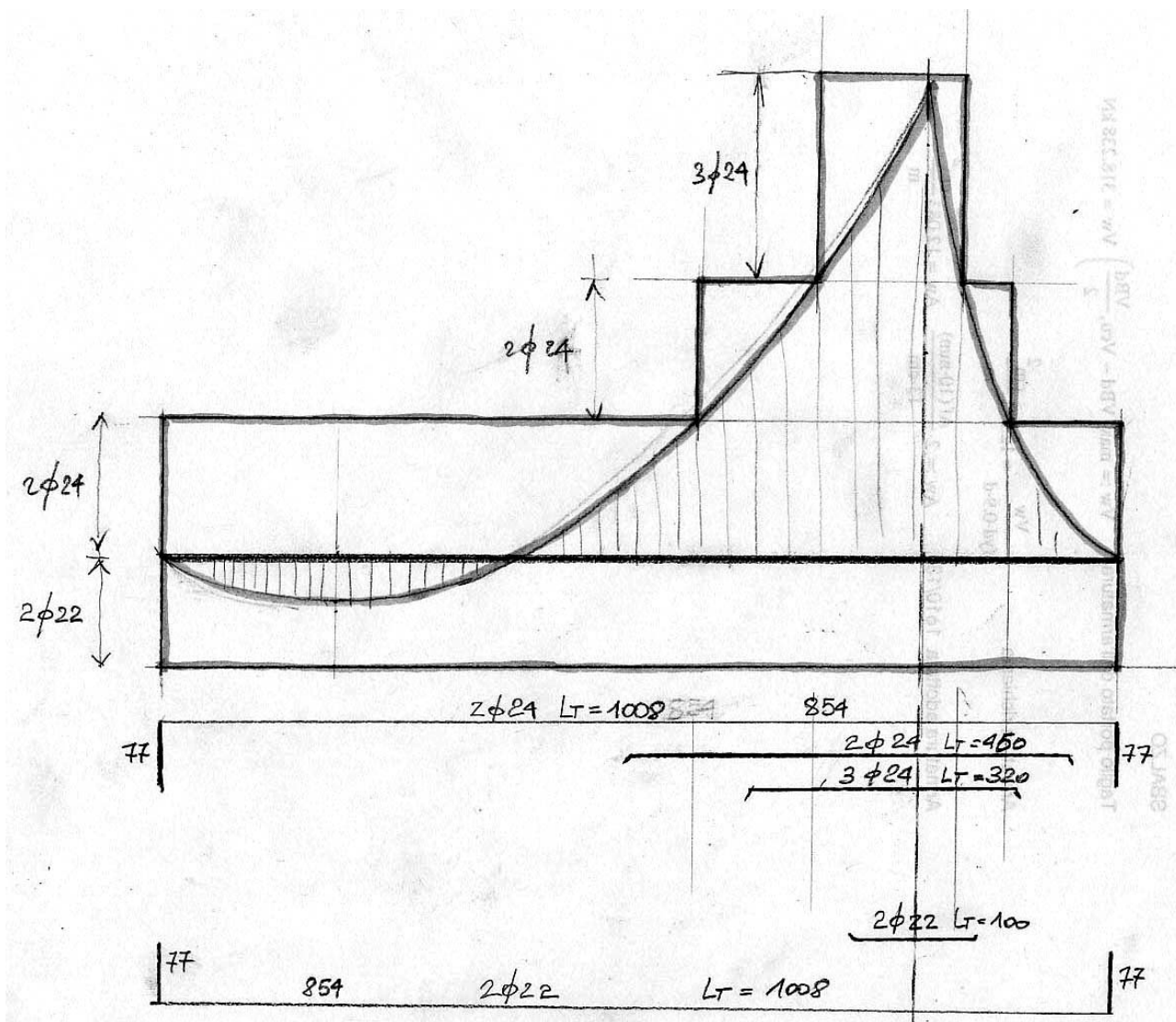
PROGETTO DELLE ARMATURE:

$$A_{s,b}^{sup} = \frac{798 \cdot 100}{0.9 \cdot 77 \cdot 37.4} = 30.79 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{ad es. } 7\phi 24 = 31.64 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,ab}^{inf} = \frac{78.3 \cdot 100}{0.9 \cdot 77 \cdot 37.4} = 3.02 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{ad es. } 2\phi 22 = 7.6 \text{ cm}^2$$

$$A_b^{inf} = \frac{529}{37.4} = 14.14 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{ad es. } 4\phi 22 = 15.2 \text{ cm}^2$$

TRACCIATO DEI FERRI



Verifica doppia armatura in B:

$$\mu_s = \frac{31.64 \cdot 37.4}{40 \cdot 77 \cdot 1.32} = 0.291$$

$$\mu'_s = \frac{15.2 \cdot 37.4}{40 \cdot 77 \cdot 1.32} = 0.139$$

Definizione della regione campo (2-3)

$$0.81Kdf_{cd} + A'_s f_{yd} \frac{\sigma'_s}{f_{yd}} - A_s f_{yd} = 0$$

$$0.81K + \mu'_s - \mu_s = 0 \rightarrow 0.81K = \mu_s - \mu'_s \frac{\sigma'_s}{f_{yd}}$$

$$\mu_s^{(2-3)} = 0.21 + \mu'_s \frac{\sigma'_s}{f_{yd}}$$

$$\varepsilon'_s = 3.5 * 10^{-3} * \frac{K - \delta}{K} = 2.9\text{‰} \quad \text{quindi } \sigma'_s = f_{yd}$$

$$\mu_s^{(2-3)} = 0.21 + 0.139 = 0.349$$

$$\mu_s = 0.291 < 0.349 \rightarrow \text{rottura in campo 3}$$

Ipotesi con  $\varepsilon'_s > \varepsilon_{yd}$

$$0.81K = \mu_s - \mu'_s \rightarrow K = \frac{0.291 - 0.139}{0.81} = 0.187$$

$$\varepsilon'_s = 10 * 10^{-3} * \frac{K - \delta}{1 - K} = 0.01 * \frac{0.187 - 0.039}{1 - 0.187} = 0.0018 = 1.8\text{‰}$$

1.8‰ < 1.82‰ IPOTESI NON VERIFICATA DI POCHISSIMO

Allora  $\varepsilon'_s < \varepsilon_{yd} \rightarrow$  ricalcolo K

$$0.81K^2 - (0.81 + \mu_s + \mu'_s \alpha_1)K + \mu_s + \mu'_s \alpha_1 \delta = 0$$

$$\alpha_1 = \frac{\varepsilon_{sl}}{\varepsilon_{sy}} = \frac{10}{1.82} = 5.49$$

$$0.81K^2 - (0.81 + 0.291 + 0.763)K + 0.291 + 0.0297$$

$$0.81K^2 - 1.864K + 0.32 = 0$$

$$K = \frac{1.864 \pm \sqrt{3.4744 - 1.0368}}{1.62} = \frac{1.864 \pm 1.561}{1.62} = 0.187 \quad \text{Ottengo lo stesso K, in effetti } \varepsilon'_s = 1.8\text{‰} \cong 1.82\text{‰}$$

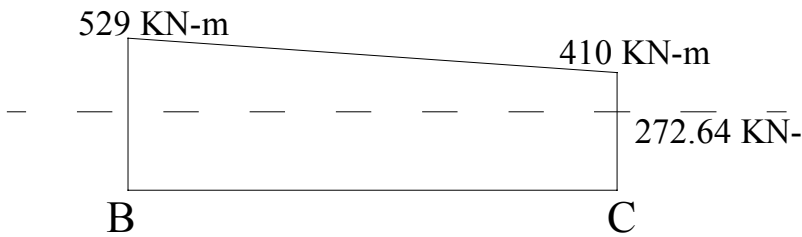
Mi trovo proprio intorno al punto di snervamento dell'acciaio compresso quindi le due procedure, in questo caso particolare risultano analoghe.

$$\sigma'_s = 20500 * 0.0018 = 36.9 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

$$M_u = A_s f_{yd} (d - 0.416y_c) + A'_s \sigma'_s (0.416y_c - d')$$

$$M_u = 31.64 * 37.4(71) + 15.2 * 36.9(2.99) = 85694 \text{ KN} \cdot \text{cm} = 857 \text{ KN} \cdot \text{m} > 798 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

## PROGETTO ARMATURE A TAGLIO



Verifica bielle compresse di cls.:

$$V_u = 0.30 * 1.55 * 40 * 77 = 1432.2 \text{ KN} > 529 \text{ KN}$$

Taglio assorbito dal cls.:

$$V_{cu} = 0.60 f_{ctd} * b * d = 0.60 * 0.114 * 40 * 77 = 210.67 \text{ KN}$$

Armatura minima:

$$\left( \frac{A_{sw}}{s} \right)^{\min} = 0.10 \left( 1 + 0.15 \frac{d}{b} \right) * b = 5.15 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

Adotto staffe  $\phi 8$  a due braccia =  $1 \text{ cm}^2$

$$s = \frac{1 \text{ cm}^2}{5.15 \text{ cm}^2} = 0.194 \rightarrow s = 19 \text{ cm} \rightarrow A_{sw} = 5.26 \text{ cm}^2 \quad \text{passo max per normativa } \{33 \text{ cm}; 0.8d\} \rightarrow 33 \text{ cm} > 19 \text{ cm}$$

$$V_{su} = \frac{526}{1000} * 770 * 0.9 * 374 = 136329 \text{ N} = 136.32 \text{ KN}$$

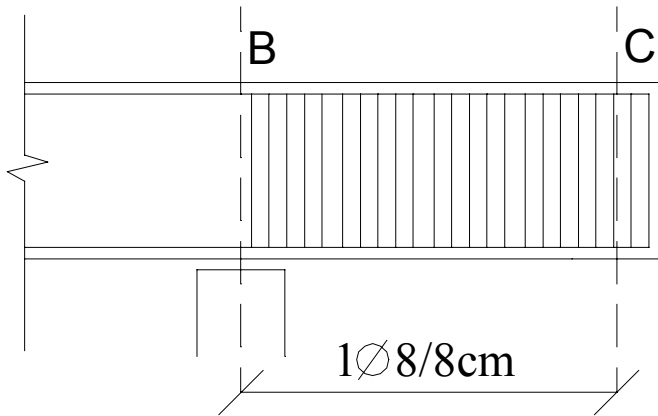
$$V_u^{\min} = \min(V_{cu} + V_{su}; 2V_{su}) = \min(136.32 + 210.67; 136.32 * 2) \rightarrow 272.64 \text{ KN}$$

Dobbiamo incrementare il passo delle staffe lungo tutta la mensola

$$V_d = 529 \text{ KN} \rightarrow V_{su} = \max\left(V_d - V_{cu}, \frac{V_d}{2}\right) = \max(318.33; 264.5)$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{su}}{0.9 f_{yd} \cdot d} = \frac{318 \text{ KN}}{0.9 * 37.4 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} * 77 \text{ cm}} = 0.12 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \rightarrow 12.26 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

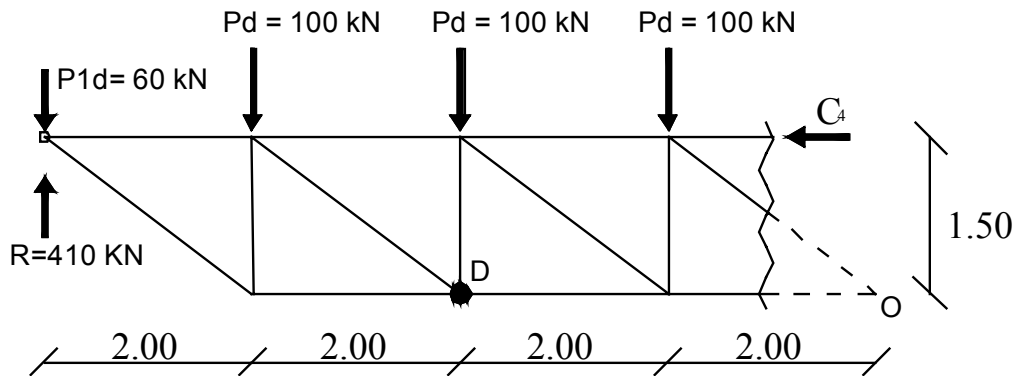
$$s = \frac{1}{12.26} = 0.08 \text{ m} \rightarrow 8 \text{ cm}$$



## 2) SOLUZIONE DEL PROBLEMA STATICO

Campata centrale (trave reticolare in acciaio)

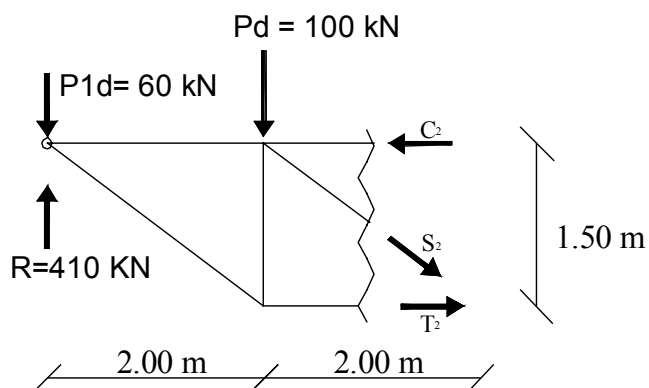
Grazie al metodo delle sezioni di Ritter posso andare a calcolare le sollecitazioni nel corrente compresso (campata 4) e nel diagonale teso in campata 2.



Equilibrio intorno a O :

$$-(410 - 60) \cdot 8 + 100 \cdot (6 + 4 + 2) + C_4 \cdot 1.5 = 0$$

$$C_4 = \frac{2800 - 1200}{1.5} = 1067 \text{ kN}$$

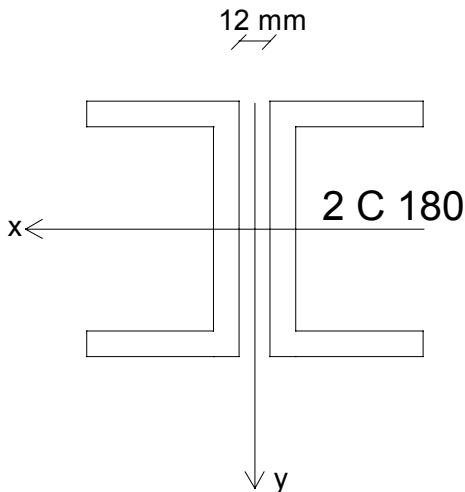


Equilibrio alla traslazione verticale :

$$-410 + 60 + 100 + S_2 \cdot \sin\alpha = 0$$

$$S_2 = \frac{410 - 60 - 100}{\sin(36.87)^\circ} = 417 \text{ KN}$$

VERIFICA DI STABILITA' del corrente compresso:



$$L = 200 \text{ cm}$$

$$A = 28 \text{ cm}^2$$

$$N = 1067 \text{ KN}$$

$$J_x = 1354 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 114 \text{ cm}^4$$

$$\rho_x = 6.96 \text{ cm}$$

$$\rho_y = 2.01 \text{ cm}$$

$$e_y = 1.93 \text{ cm}$$

Verifica secondo l'asse x :

$$\rho_x = 6.96 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{200}{6.96} = 28.73$$

Verifica secondo l'asse y :

Calcolo il momento d'inerzia dei profili accoppiati

$$I_y = 2[114 + 28(1.93 + 0.6)^2] = 586 \text{ cm}^4$$

Calcolo la snellezza dell'asta

$$\rho_y = \sqrt{\frac{586}{2 \cdot 28}} = 3.23 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{200}{3.23} = 61.91 \quad \text{l'asta ha 2 imbottiture} \quad \text{quindi l'asta è suddivisa in tre parti}$$

$$\lambda_1 = \frac{200/3}{2.01} = 33.17$$

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} = \sqrt{61.91^2 + 33.17^2} = 70.23$$

$$\lambda_x < \lambda_{eq} \rightarrow \lambda_{eq} \cong 71 \rightarrow \omega = 1.75$$

$$\sigma = \frac{\omega N}{2 \cdot A} = \frac{1.75 \cdot 1067}{56} = 33.34 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} < 35.5 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

VERIFICATO

PROGETTO ASTA TESA:

Progetto bulloni :

Il numero dei bulloni è pari a 3 quindi :

$$A_b = \frac{417}{3 \cdot 2 \cdot 25.5} = 2.72 \text{ cm}^2 \rightarrow 3\phi 22 \text{ con } A_{res} = 303 \text{ mm}^2$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$d' = d + 1.5 \text{ mm} \rightarrow d' = 23.5 \text{ mm}^2$$

Verifica a taglio : i bulloni giacciono sull'asse di sollecitazione quindi non ho momenti parassiti

$$\sigma = \frac{417000}{3 \cdot 2 \cdot 303} = 229.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 255 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

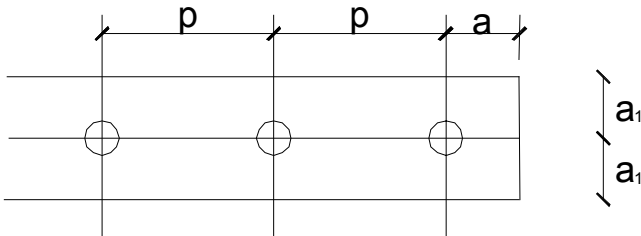
Progetto asta tesa :

$$A_{nette}^{str.nec.} = \frac{417}{35.5} = 11.74 \text{ cm}^2 = 2[(b - d') \cdot 0.7]$$

$$1.4b - 1.4 \cdot 2.35 = 11.74$$

$$b = \frac{11.74 + 3.29}{1.4} = 10.73 \text{ cm} \rightarrow 12 \text{ cm}$$

Si adottano pertanto 2 piatti da 120 \* 7



$$1.5 \leq a \leq 3d$$

$$1.5 \leq a_1 \leq 3d$$

$$3d \leq p \leq 10d$$

$$a_1 = 60 \rightarrow \frac{60}{23.5} = 2.55$$

$$a = 2d = 47 \text{ mm} \rightarrow 50 \text{ mm}$$

$$p = 5d = 117.5 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$$

Verifica a strappo :

$$\sigma = \frac{208.5}{(12 - 2.35) \cdot 0.7} = 30.86 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} < 35.5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Verifica a rifollamento nel fazzoletto

$$\alpha = \frac{a}{d} = \frac{50}{22} = 2.27 < 2.5 \text{ (valore limite di normativa per la verifica a rifollamento)}$$

$$\sigma_{rif} = \frac{417/3}{2.2 \cdot 1.2} = 52 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} < 35.5 \cdot 2.27 = 80.58 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

nel profilo

$$\sigma_{rif} = \frac{417/6}{2.2 \cdot 0.7} = 45 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} < 80.58 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

In questo caso la verifica sul fazzoletto risulta sicuramente più gravosa che sul profilo.