

**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 ESONERO N°2 – 05/06/2001

**Esercizio C**

Si consideri la struttura in figura 1 costituita da un pilastro in c.a. sottoposto ad un carico centrato  $F_d = 1000$  kN, sul quale si attesta un paranco metallico soggetto ad un carico di progetto  $P_d = 120$  kN.

Trascurando il peso proprio degli elementi strutturali, effettuare:

- 1) La verifica di stabilità dell'asta compressa del paranco (in entrambi i piani x-z e x-y), costituita da due profilati angolari a lati uguali 70x6 di acciaio di classe Fe 510 (resistenza di calcolo  $f_d = 355$  N/mm<sup>2</sup>) con interposto un fazzoletto di spessore  $s = 12$  mm e due imbottiture intermedie a interasse di 100 cm; nell'effettuare la verifica di stabilità, considerare il nodo C impedito di spostarsi nel piano x-y.
- 2) Il progetto dell'asta tesa del paranco utilizzando due piatti accoppiati di acciaio classe Fe 510 con spessore  $t = 6$  mm e del collegamento dell'asta tesa nel nodo C (vedi figura 2) utilizzando n° 3 bulloni di classe 5.6 (resistenza di calcolo a taglio  $f_{d,v} = 212$  N/mm<sup>2</sup>).
- 3a) **[solo laboratorio B]** Il progetto delle armature a taglio del pilastro nel tratto AB adottando staffe e trascurando la presenza di sforzo normale ( $\delta=1$ ).
- 3b) **[solo laboratori A e C]** La verifica a pressoflessione della sezione di base del pilastro avente le seguenti caratteristiche geometriche: larghezza  $b = 30$  cm, altezza  $h = 60$  cm, copriferro di calcolo  $d' = 3$  cm, armature  $A_s = A_s' = 4 \phi 22$  (materiali: acciaio FeB 44 k, calcestruzzo Rck = 25 N/mm<sup>2</sup>).

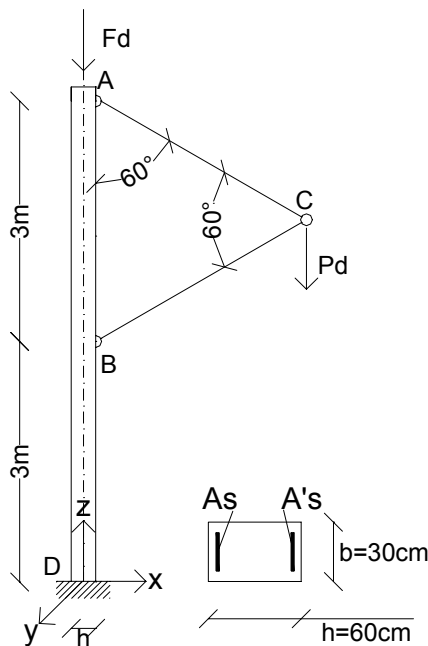


Fig. 1 Schema della struttura  
 Nodo C

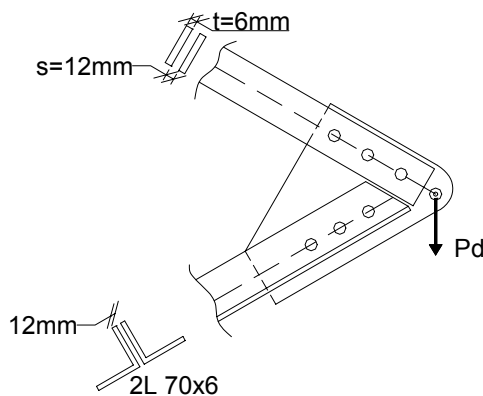
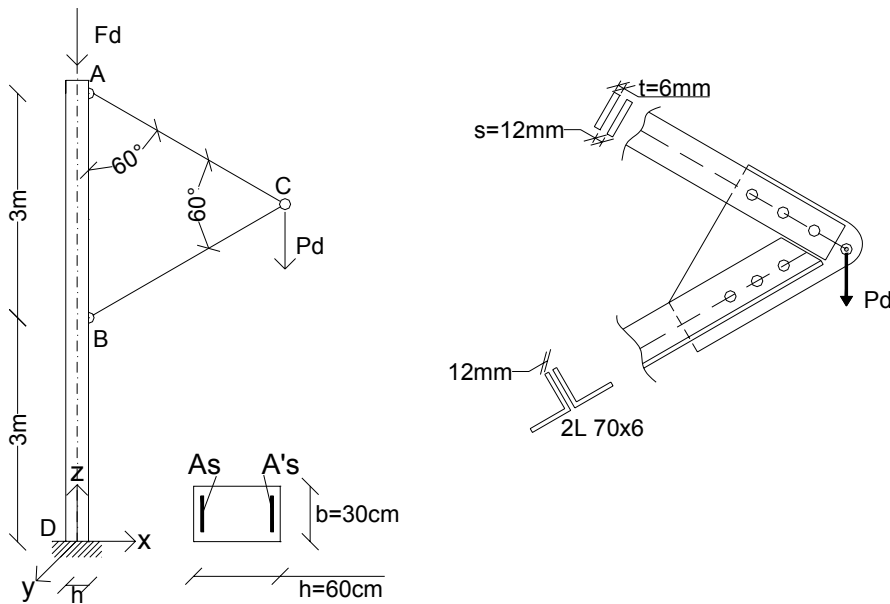
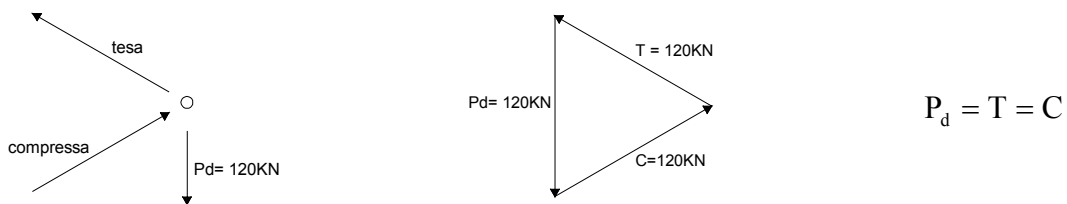


Fig. 2 Dettaglio del

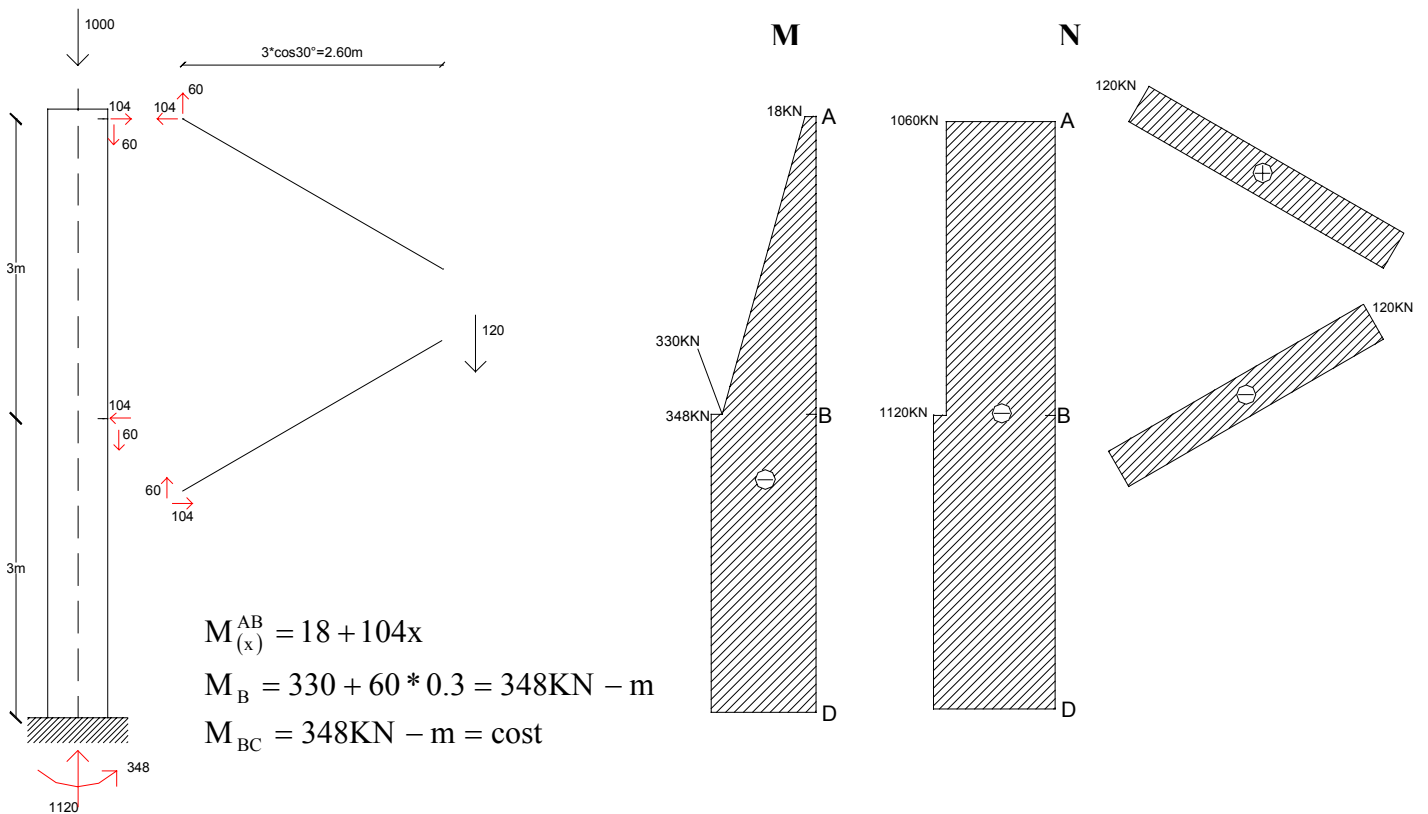
1) Soluzione del problema statico:



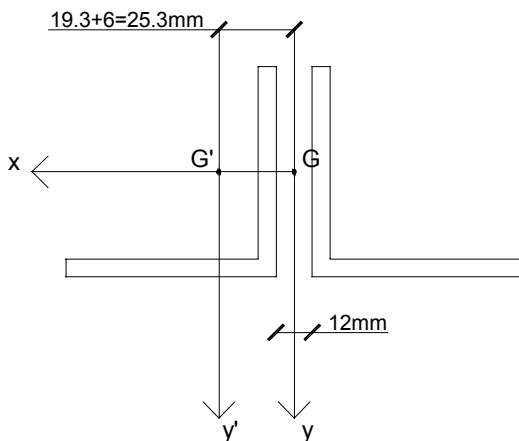
Equilibrio nodo C:



Reazioni vincolari:



## 2) Verifica di stabilità dell'asta compressa del paranco:



$$l_0 = \beta * l = 300 \text{ cm}$$

$$i = 100 \text{ cm}$$

$$N = 120 \text{ kN}$$

Dal sagomariosi ricavano i seguenti dati :

$$A = 8.13 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_{y'} = 37.1 \text{ cm}^4$$

$$\rho_x = \rho_{y'} = 2.14 \text{ cm}$$

$$\rho_n = \rho_{\min} = 1.37 \text{ cm}$$

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

Verifica di stabilità nel piano xz :

$$\rho_x = 2.14 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{300}{2.14} = 140$$

$$\lambda_x = 140 \rightarrow \omega = 4.32$$

Verifica di stabilità nel piano xy :

Calcolo del momento d'inerzia dei profili accoppiati:

$$I_y = 2I_{y'} + 2Ad^2 = 2 * 37.1 + 2 * 8.13 * (2.53)^2 = 178.3 \text{ cm}^4$$

$$\rho_y = \sqrt{\frac{I_y}{2A}} = \sqrt{\frac{178.3}{2 * 8.13}} = 3.31 \text{ cm} \rightarrow \lambda_y = \frac{l_0}{\rho_y} = \frac{300}{3.31} = 91$$

$$\lambda_1 = \frac{i}{\rho_{\min}} = \frac{100}{1.37} = 73$$

$$\lambda_{\text{eq}} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} = \sqrt{91^2 + 73^2} = 117$$

$$\lambda_{\text{eq}} < \lambda_x \rightarrow \omega = 4.32$$

$$\sigma = \frac{\omega N}{2A} = \frac{4.32 * 120000}{2 * 813} = 319 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_d = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

### 3) Progetto dell'asta tesa e del collegamento del nodo C:

Progetto bulloni:

$$A_b = \frac{T}{n_r * n_b * f_{d,v}} = \frac{120000}{2 * 3 * 212} = 94 \text{mm}^2 \rightarrow \text{bullone} \quad d = 14 \text{mm}$$

$$A_{res} = 115 \text{mm}^2$$

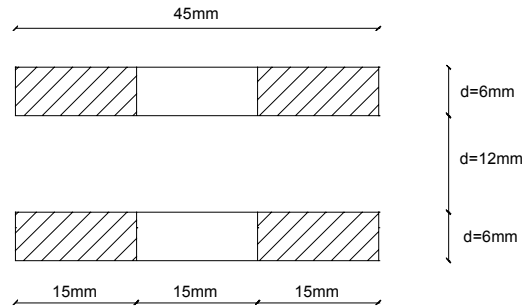
Si adottano pertanto 3 bulloni  $d=14\text{mm}$   $\longrightarrow$  diametro del foro  $d_f = d + 1 \text{mm} = 15 \text{mm}$

Progetto asta tesa:

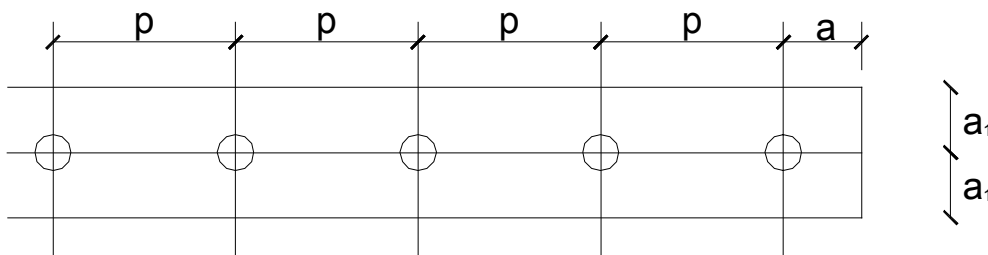
$$A_{str.nec.}^{nette} = \frac{T}{f_d} = \frac{120000}{355} = 338 \text{mm}^2$$

$$A = 2t * (b - 15) = 338 \text{mm}^2$$

$$b_{min} = \frac{338 + 12 * 15}{12} = 43 \text{mm}$$



Si adottano 2 piatti  $45 * 6$



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

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

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

$$a_1 = 22.5 \text{mm} \rightarrow \frac{a_1}{d} = 1.6$$

$$a = 2d = 28 \text{mm} \rightarrow 3 \text{cm}$$

$$p = 5d = 70 \text{mm} \rightarrow 7 \text{cm}$$

Verifica a strappo:

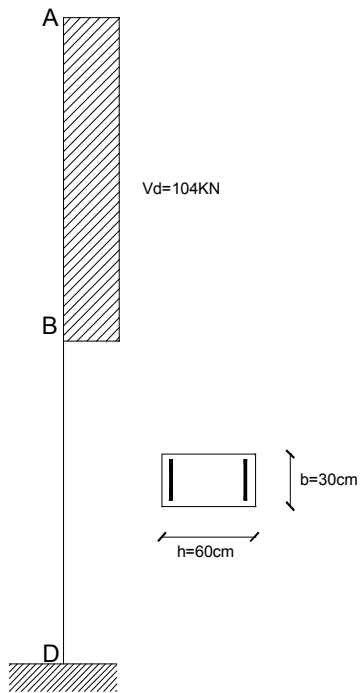
$$A_{netta} = 2(b - d_1) * t = 360 \text{mm}^2$$

$$\sigma = \frac{120000}{360} = 333 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Rifollamento fazzoletto:

$$\sigma_{rif} = \frac{T/3}{d * 12} = \frac{120000/3}{14 * 12} = 238 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \alpha * f_d$$

#### 4) progetto delle armature a taglio del pilastro nel tratto AB:



$$R_{ck} = 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.83 * R_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.83 * 25}{1.6} = 13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{ctd} = \frac{0.7 * 0.27 * \sqrt[3]{R_{ck}^2}}{\gamma_c} = \frac{0.7 * 0.27 * \sqrt[3]{25^2}}{1.6} = 1.01 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{acciaio FeB44K} \rightarrow f_{yd} = 374 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 1.82 \text{‰}$$

Verifica bielle compresse di cls.:

$$V_u = 0.30 * f_{cd} * b_w * d = 0.30 * 13 * 300 * 570 = 666900\text{N} = 666.9\text{kN} > V_d = 104\text{kN}$$

Taglio assorbito dal cls.:

$$V_{cu} = 0.60 f_{ctd} * b_w * d * \delta = 0.60 * 1.01 * 300 * 570 = 103626\text{N} = 103.6\text{kN}$$

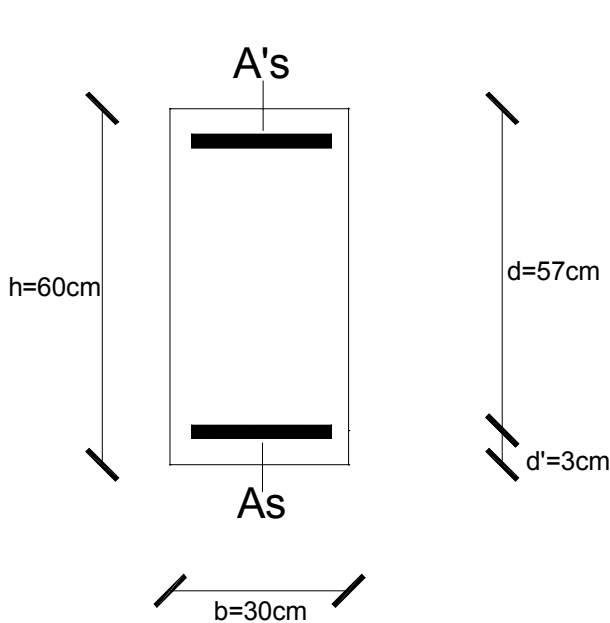
Taglio da assorbire con le staffe:

$$V_{su} = V_d - V_{cu} = 104 - 103.1 = 0.9\text{kN} < \frac{V_d}{2} = 52\text{kN}$$

$$\left( \frac{A_{sw}}{s} \right) = \frac{V_{su}}{0.9 * d * f_{yd}} = \frac{52000}{0.9 * 570 * 374} = 0.271 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} = 2.71 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

$$1 \text{ staffa } \phi 8 \text{ a } 2 \text{ braccia}/25\text{cm} = 2 * 4 * 0.50 = 4.00 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

5) Verifica a pressoflessione della sezione di base del pilastro:



$$\delta = \frac{d'}{d} = \frac{3}{57} = 0.053$$

$$\bar{f}_{cd} = 0.85f_{cd} = 0.85 * 13 = 11.05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_u = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{yd}} = \frac{3.5\text{‰}}{1.82\text{‰}} = 1.92$$

$$A_s = A'_s = 4 * 3.80 = 15.2\text{cm}^2$$

$$\mu_s = \mu'_s = \frac{A_s f_{yd}}{b d f_{cd}} = \frac{1520 * 374}{300 * 570 * 11.05} = 0.301$$

$$N_d = F_d + P_d = 1000 + 120 = 1120\text{KN}$$

$$M_d = P_d (2.60 + 0.30) = 120 * 2.90 = 348\text{KN} - \text{m}$$

$$n_d = \frac{N_d}{b d f_{cd}} = \frac{1120000}{300 * 570 * 11.05} = 0.593$$

$$n_0 = 0.8(1 + \delta) + \mu_s \alpha_u \frac{\delta}{1 + \delta} + \mu'_s = 0.8(1 + 0.053) + 0.301 * 1.92 \frac{0.053}{1 + 0.053} + 0.301 = 1.172$$

$$n_1 = 0.8 \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} + \mu'_s - \mu_s = 0.8 \frac{3.5\text{‰}}{3.5\text{‰} + 1.82\text{‰}} = 0.526$$

Rottura certamente in campo I

L'acciaio teso è sicuramente in campo elastico, mentre l'acciaio compresso è quasi sicuramente snervato

$$K = 0.617 \left[ n_d - \mu'_s - \alpha_u \mu_s + \sqrt{(n_d + \mu'_s - \alpha_u \mu_s)^2 - 3.2 * \alpha_u * \mu_s} \right]$$

$$K = 0.617 \left[ 0.593 - 0.301 - 1.92 * 0.301 + \sqrt{(-0.286)^2 - 3.2 * 1.92 * 0.301} \right]$$

$$K = 0.681 \rightarrow y_c = Kd = 0.681 * 57 = 38.8\text{cm}$$

Verifica pressoflessione :

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu} \frac{1-k}{k} = 3.5 \frac{1-0.681}{0.681} = 1.64\text{‰} < \varepsilon_{yd}$$

$$\varepsilon'_s = \varepsilon_{cu} \frac{K-\delta}{K} = 3.5 \frac{0.681-0.053}{0.681} = 3.2\text{‰} > \varepsilon_{yd} \quad \text{ipotesi verificata}$$

$$M_u = 0.81 * b * y_c * \overline{f_{cd}} * \left( \frac{h}{2} - 0.416y_c \right) + A'_s * f_{yd} * \left( \frac{h}{2} - d' \right) + A_s * E_s * \varepsilon_s * \left( \frac{h}{2} - d' \right)$$

$$M_u = 0.81 * 300 * 388 * 11.05(300 - 0.416 * 388) + 1520 * 374 * (300 - 30) + 1520 * 206 * 1.64 * (300 - 30) =$$

$$M_u = 436.5 * 10^6 \text{ N} - \text{mm} = 436.5 \text{ KN} - \text{m} > 348 \text{ KN} - \text{m}$$