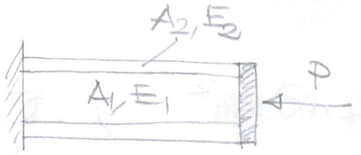
SFORZO NORMALE

fila A



Equilibrio:

$P_1 + P_2 = P$

Congruenza:

$\delta_1 = \delta_2 = \delta \qquad \delta = \varepsilon \cdot L = \frac{PL}{AE}$

$\delta_1 = \frac{P_1 L}{A_1 E_1} \qquad \delta_2 = \frac{P_2 L}{A_2 E_2}$

$\rightarrow P_1 = \frac{\delta_1 A_1 E_1}{L} = \frac{\delta A_1 E_1}{L}$

$\rightarrow P_2 = \frac{\delta_2 A_2 E_2}{L} = \frac{\delta A_2 E_2}{L}$

$$P = P_1 + P_2$$

sostituendo i valori numerici:

fila A1

$L = 200 \text{ mm}$

$d_1 = 19 \text{ mm} \rightarrow A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = 283.53 \text{ mm}^2$

$d_2 = 31 \text{ mm} \rightarrow A_2 = \frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2) = 471.24 \text{ mm}^2$

$E_1 = 200 \text{ GPa}; \quad E_2 = 71 \text{ GPa}$

$Pa = \frac{N}{m^2}$

$P_1 = \frac{283.53 \text{ mm}^2 \cdot 3 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \cdot 200 \text{ GPa} \cdot \underset{mm^2 \rightarrow m^2}{10^{-6}} = 850.59 \cdot 10^{-6} \text{ GN} = 850.59 \cdot 10^{3} \text{ N} = 850.59 \text{ kN}$

$P_2 = \frac{471.24 \cdot 3}{200} \cdot 71 \cdot 10^{-6} = 501.87 \text{ kN}$

$\boxed{P = 1352.46 \text{ kN}}$

fila A2

$L = 200\ mm$

$d_1 = 20\ mm \rightarrow A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = 314.16\ mm^2 \quad ; \quad E_1 = 200\ GPa$

$d_2 = 30\ mm \rightarrow A_2 = \frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2) = 392.7\ mm^2 \quad ; \quad E_2 = 105\ GPa$

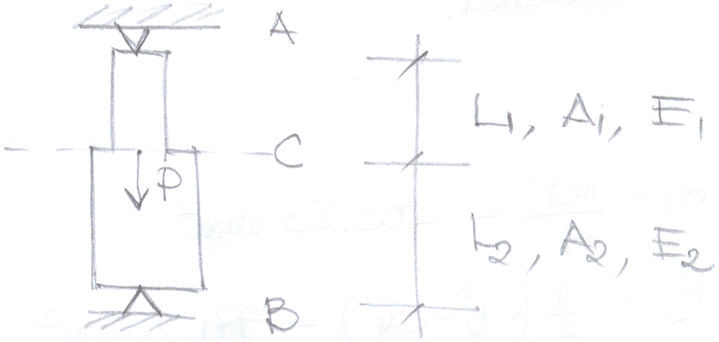
$\delta = 3\ mm$

$$P_1 = \frac{314.16 \cdot 3}{200} \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 942.48\ kN$$

$$P_2 = \frac{392.7 \cdot 3}{200} \cdot 105 \cdot 10^{-6} = 618.50\ kN$$

$$\boxed{P = 1560.98\ kN}$$

fila B



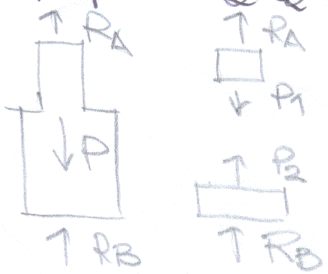
equilibrio

$R_A + R_B = P$

congruenza

$\delta = \delta_1 + \delta_2 = 0$

$$\frac{P_1 L_1}{A_1 E_1} + \frac{P_2 L_2}{A_2 E_2} = 0$$



$\longrightarrow$ $P_1 = R_A$

$P_2 = -R_B$

$$\begin{cases} \dfrac{R_A L_1}{A_1 E_1} - \dfrac{R_B L_2}{A_2 E_2} = 0 \\ R_A + R_B = P \end{cases}$$

$$\frac{R_A L_1}{A_1 E_1} = \frac{R_B L_2}{A_2 E_2} \qquad R_A = \frac{A_1 E_1}{L_1} \frac{L_2}{A_2 E_2} R_B$$

$$R_A = \alpha^* R_B$$

$$R_B (1 + \alpha^*) = P$$

$$R_B = P/(1+\alpha^*) \qquad R_A = \alpha^* R_B$$

$$\sigma_1 = \frac{R_A}{A_1} \qquad \sigma_2 = \frac{R_B}{A_2}$$

sostituendo i valori numerici:

fila B1

$P = 300\ kN$

$L_1 = 300\ mm \qquad A_1 = 250\ mm^2 \qquad E_1 = 200\ GPa$

$L_2 = 300\ mm \qquad A_2 = 400\ mm^2 \qquad E_2 = 105\ GPa$

$$\alpha^* = \frac{A_1 E_1}{L_1} \frac{L_2}{A_2 E_2} = \frac{250 \cdot 200}{\cancel{300}} \cdot \frac{\cancel{300}}{400 \cdot 105} = 1.19$$

$$R_B = P/(1+1.19) = 136.98\ kN$$

$$R_A = 163.02\ kN$$

$$\sigma_1 = \frac{R_A}{A_1} = \frac{163.02\ kN}{250\ mm^2} \frac{10^3\ N}{10^{-6}\ m^2} = \boxed{652.08\ \frac{N}{mm^2}}$$

$$\sigma_2 = \frac{R_B}{A_2} = \frac{136.98\ kN}{400\ mm^2} = \boxed{-342.45\ \frac{N}{mm^2}}$$

fila B2

$L_1 = 250$ mm $\quad A_1 = 200$ mm^2 $\quad E_1 = 180$ GPa $\quad P = 250$ kN

$L_2 = 200$ mm $\quad A_2 = 350$ mm^2 $\quad E_2 = 100$ GPa

$$\alpha^* = \frac{A_1 E_1}{L_1} \cdot \frac{L_2}{A_2 E_2} = \frac{200 \cdot 180}{250} \cdot \frac{200}{350 \cdot 100} = 0.823$$

$$R_B = P/(1+0.823) = 137.14 \text{ kN}$$

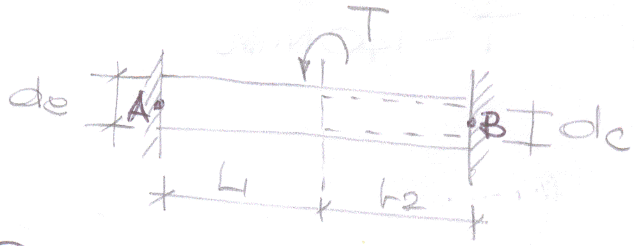
$$R_A = 112.86 \text{ kN}$$

$$\sigma_1 = \frac{R_A}{A_1} = \frac{112.86 \cdot 10^3 \text{ N}}{200 \text{ mm}^2} = 564.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{R_B}{A_2} = \frac{137.14 \cdot 10^3 \text{ N}}{350 \text{ mm}^2} = -391.83 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

TORSIONE 1

fila A



materiale omogeneo

Equilibrio

$T_A + T_B = T$

Congruenza

incastro $\phi = \phi_1 + \phi_2 = 0$

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 = \frac{T_A L_1}{J_1 G} - \frac{T_B L_2}{J_2 G} = 0 \longrightarrow T_B = \frac{L_1 J_2}{L_2 J_1} T_A$$

$$T_B = \alpha^* T_A$$

$$T_A + T_B = T$$

$$T_A(1+\alpha^*) = T \longrightarrow T_A = T/(1+\alpha^*) \qquad T_B = T - T_A$$

sostituendo i valori numerici:

fila A1

$L_1 = 120$ mm $\quad L_2 = 120$ mm $\quad T = 120$ N·m

$d_e = 22$ mm ; $d_c = 15.6$ mm

$$J_1 = \frac{\pi}{2} r^4 = \frac{\pi}{2} \cdot (1.1)^4 = 2.30 \text{ cm}^4$$

$$J_2 = \frac{\pi}{2}(1.1^4 - 0.78^4) = 1.72 \text{ cm}^4$$

$$T_B = \frac{L_1 J_2}{L_2 J_1} = \frac{120}{120} \cdot \left(\frac{2.30}{1.72}\right)^{-1} = 0.748$$

$$T_A = T/(1+0.748) = 120 \text{ N·m}/(1.748) = \boxed{68.66 \text{ N·m}}$$

$$T_B = 120 - 68.66 = \boxed{51.34 \text{ N·m}}$$

A1

fila A2

$L_1 = 125$ mm $L_2 = 140$ mm $T = 140$ N·m

$d_e = 60$ mm $d_c = 44$ mm

$J_1 = \frac{\pi}{2} 30^4 = 127{,}23$ cm^4

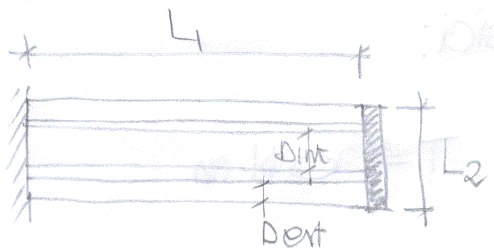
$J_2 = \frac{\pi}{2}(30^4 - 22^4) = 90{,}44$ cm^4

$T_B = \frac{125}{140} \cdot \frac{90{,}44}{127{,}23} = 0.635\, T_A$

$T_A = T/(1+0{,}635) = 140/(1.635) = \boxed{85{,}64 \text{ N·m}}$

$\boxed{T_B = 54{,}36 \text{ N·m}}$

fila B



Equilibrio

$T_0 = T_1 + T_2$

Congruenza

$\phi_1 = \phi_2$ $\phi = \frac{TL}{JG}$

$\phi_1 = \phi_2 \Rightarrow \frac{T_1 L}{J_1 G_1} = \frac{T_2 L}{J_2 G_2} \rightarrow T_2 = \frac{J_2 G_2 T_1 \cancel{L}}{J_1 G_1 \cancel{L}} = \alpha^* T_1$

impongo $T_2 = \frac{\tau_{max2} \cdot J_2}{C_2}$ o $T_1 = \frac{\tau_{max1} \cdot J_1}{C_1}$

verificare $T_1 < \tau_{max1}$ verificare $T_2 < \tau_{max2}$

$\longrightarrow T_0 = T_1 + T_2$

fila B1

acciaio: $D_{int} = 50$ mm $G_{acciaio} = 77$ GPa $\tau_{acciaio} = 120$ MPa
alluminio: $D_{est} = 8$ mm $G_{all} = 27$ GPa $\tau_{all} = 70$ MPa
$L_1 = 500$ mm $L_2 = 76$ mm

$$J_{acciaio} = \frac{\pi}{2} 25^4 = 0{,}613 \cdot 10^{-6}\ m^4$$

$$J_{all} = \frac{\pi}{2}\left(\left(\frac{76}{2}\right)^4 - 30^4\right) = 2{,}003 \cdot 10^{-6}\ m^4$$

$$\frac{T_2 \cdot \cancel{(0{,}5\,m)}}{0{,}613 \cdot 10^{-6} \cdot 77\ GPa \cdot m^4} = \frac{T_1\ \cancel{(0{,}5\,m)}}{2{,}003 \cdot 10^{-6} \cdot 27\ GPa \cdot m^4}$$

$$T_2 = 0.873\, T_1$$

hp governa l'alluminio

$$T_1 = \frac{\tau_{all} \cdot J_1}{c_1} = \frac{70\ MPa \cdot 2{,}003 \cdot 10^{-6}\ m^4}{0{,}038\ m} = 3689.7\ N \cdot m$$

$T_2 = 3221.14\ N \cdot m \rightarrow$ verifica $\tau_{acc,2} = \frac{T_2 \cdot c_2}{J_2} = 131.52 \gg 120$

NO

$\rightarrow$ governa l'acciaio!

$$T_2 = \frac{\tau_{acc} \cdot J_2}{c_2} = \frac{120\ MPa \cdot 0.613 \cdot 10^{-6}\ m^4}{0{,}025} = 2942.4\ N \cdot m$$

$$T_1 = \frac{T_2}{0.873} = 3370.45\ N \cdot m$$

(verifica $\tau_{all,1} = 63 < 70$ ok!!)

$$\boxed{T = T_1 + T_2 = 6312.85\ N \cdot m \simeq 6{,}3\ kN \cdot m}$$

fila B2

acciaio: $D_{int} = 30$ mm $G_{acciaio} = 78$ GPa $\tau_{acciaio} = 105$ MPa
ottone: $D_{est} = 6$ mm $G_{ottone} = 39$ GPa $\tau_{ottone} = 56$ MPa
$L_1 = 500$ mm $L_2 = 52$ mm

$$J_{acciaio} = \frac{\pi}{2} 15^4 = 0.0795 \cdot 10^{-6}\ m^4$$

$$J_{ottone} = \frac{\pi}{2}\left(\left(\frac{52}{2}\right)^4 - 20^4\right) = 0.466 \cdot 10^{-6}\ m^4$$

$$\frac{T_2 \cdot 0.5}{78 \cdot 0.0795 \cdot 10^{-6}} = \frac{T_1 \cdot 0.5}{39 \cdot 0.466 \cdot 10^{-6}}$$

$$T_2 = 0.341\, T_1$$

hp governa l'acciaio

$$T_2 = \frac{\tau_{acc} \cdot J_{acc}}{c_2} = \frac{105 \cdot 0.0795 \cdot 10^{-6}}{0.015} = 556.5\ N \cdot m$$

controllo ottone $\tau_{ott} = \dfrac{(556.5/0.341) \cdot 0.026}{0.466 \cdot 10^{-6}} = 91 \gg 56$ no!!

$\rightarrow$ governa l'ottone

$$T_1 = \frac{\tau_{ott} \cdot J_{ott}}{c_1} = \frac{56 \cdot 0.466 \cdot 10^{-6}}{0.026} = 1003.69$$

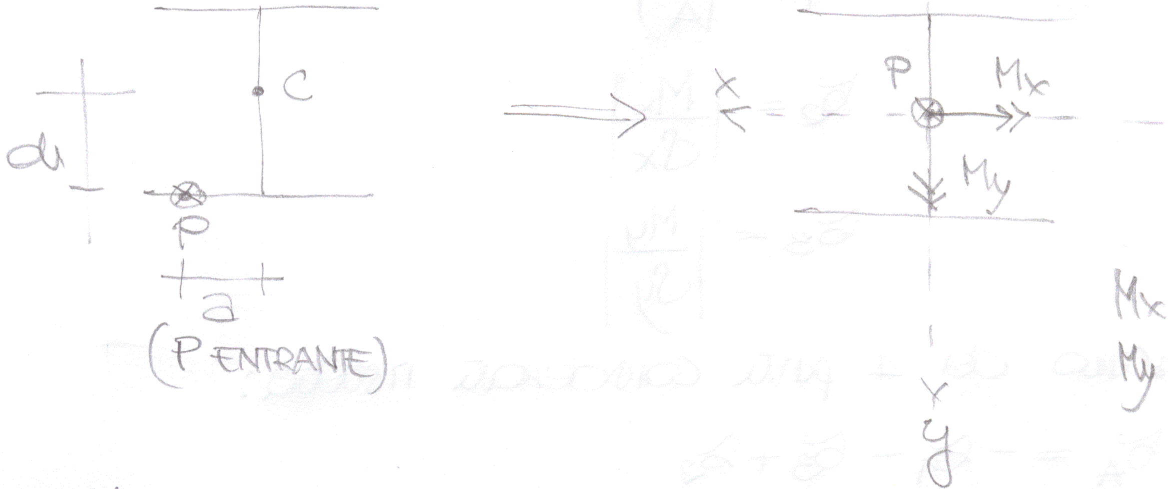
(controllo acciaio $\tau = \dfrac{(1003.69 \cdot 0.341) \cdot 0.015}{0.0795 \cdot 10^{-6}} = 64 < 105$ ok)

$$\boxed{T = 1003.69 + 1003.69 \cdot 0.341 = 1345.95\ N \cdot m}$$

CARICO ASSIALE ECCENTRICO

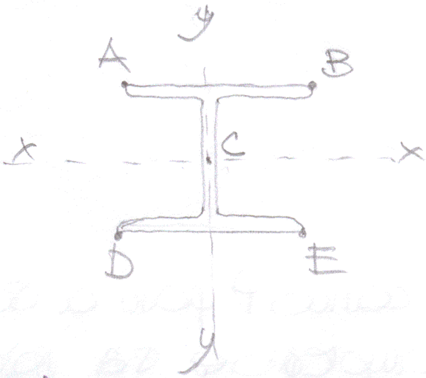
fila B

In primo luogo si sostituisce P con un sistema equivalente di forze applicato nel baricentro C del profilo.



$M_x = P \cdot d_1$
$M_y = P \cdot a$

Il problema proposto richiede di determinare la distanza a (dato il carico P, od in alternativa di determinare il carico P assegnata la distanza a) in modo tale che la massima tensione di compressione sia pari ad un dato valore assegnato.
La tensione massima si realizzerà in uno dei 4 punti mostrati in figura:



Un modo di procedere è a questo punto quello di calcolare il contributo della tensione fornito, per ciascun punto, da ciascuna condizione di carico e poi sommarle opportunamente.
In valore assoluto, essi sono dati da:

$$\sigma_1 = \left|\frac{P}{A}\right|$$

$$\sigma_2 = \left|\frac{M_x}{J_x} y\right|$$

$$\sigma_3 = \left|\frac{M_y}{J_y} x\right|$$

Si noti che per i punti considerati le grandezze $\frac{J_x}{y}$ e $\frac{J_y}{x}$ corrispondono ai momenti statici forniti dagli stessi profilari, quindi in alternativa in questo caso si potrebbe anche scrivere:

$$\sigma_1 = \left|\frac{P}{A}\right|$$

$$\sigma_2 = \left|\frac{M_x}{S_x}\right|$$

$$\sigma_3 = \left|\frac{M_y}{S_y}\right|$$

Per ciascuno dei 4 punti considerati risulta:

$$\sigma_A = -\sigma_1 - \sigma_3 + \sigma_2$$
$$\sigma_B = -\sigma_1 + \sigma_3 + \sigma_2$$
$$\sigma_D = -\sigma_1 - \sigma_3 - \sigma_2$$
$$\sigma_E = -\sigma_1 + \sigma_3 - \sigma_2$$

Ne consegue che la massima tensione di compressione risulta in D.

fig. B1

Profilo W150 x 24

Determinare, assegnato il carico P pari a 50 kN, a t.c. la massima tensione di compressione sia pari a 95 MPa.

Si calcolino i vari contributi alla tensione:

$$\sigma_1 = \left|\frac{P}{A}\right| = \left|\frac{50\ kN}{3060\ mm^2}\right| = 16{,}34\ \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_2 = \left|\frac{M_x}{J_x}y_1\right| = \left|\frac{(50\cdot 10^3\cdot 75)\cdot 80\ \ N\cdot mm^2}{13.4\cdot 10^6\ \ mm^4}\right| = 22{,}32\ \frac{N}{mm^2}$$

Si noti che:

$$\frac{J_x}{y_1} = \frac{13{,}4\cdot 10^6}{80} = 168\cdot 10^3\ mm^3$$ è proprio pari al valore di S_x fornito dal profilario.

$$\sigma_3 = \left|\frac{M_y}{S_y}\right| = \left|\frac{50\cdot10^3\cdot a \ \ N\cdot mm}{35.9\cdot10^3\ mm^3}\right| = 1.39\, a \ \frac{N}{mm^2}$$

La massima tensione di compressione si realizza in D.
Pertanto:

$$-\sigma_1-\sigma_2-\sigma_3 = -95$$

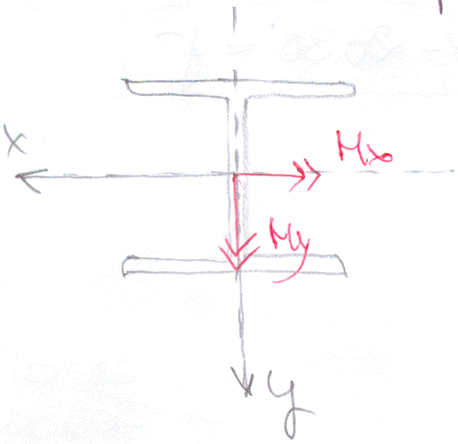
tensione di compressione!

Sostituendo i valori numerici:

$$-16.34-22.32-1.39\cdot a=-95$$

$$\longrightarrow \boxed{a \cong 40.5\ mm}$$

Ricaviamo a questo punto l'equazione dell'asse neutro:



L'equ. dell'asse neutro risulta per questa scelta di assi:

$$\frac{N}{A}+\frac{M_x}{J_x}y-\frac{M_y}{J_y}x=0$$

$M_x=-50\cdot10^3\cdot75=-3750\cdot10^3\ N\cdot mm$

$M_y=50\cdot10^3\cdot40.5=2025\cdot10^3\ N\cdot mm$

Ne consegue:

$$-16.34+\left(\frac{-3750\cdot10^3}{13.4\cdot10^6}\right)y-\left(\frac{+2025\cdot10^3}{1.83\cdot10^6}\right)x=0$$

ovvero:

$$y=-58.36-3.954x$$

da cui le intersezioni con gli assi risultano: $y=0 \quad x\cong-14.76\ mm$

$x=0 \quad y=-58.36\ mm$

Ancora, l'angolo che l'asse neutro forma con l'asse x è dato dalla:

$$\tan\phi = \frac{J_x}{J_y}\frac{M_y}{M_x}$$

Per cui in questo caso si ha:

$$\phi = \operatorname{arctg}(\tan\phi) = \operatorname{arctg}\left(-\frac{13.4\cdot10^6}{1.83\cdot10^6}\cdot\frac{50\cdot10^3\cdot40.5}{50\cdot10^3\cdot75}\right) = \boxed{-75.81° = \phi}$$

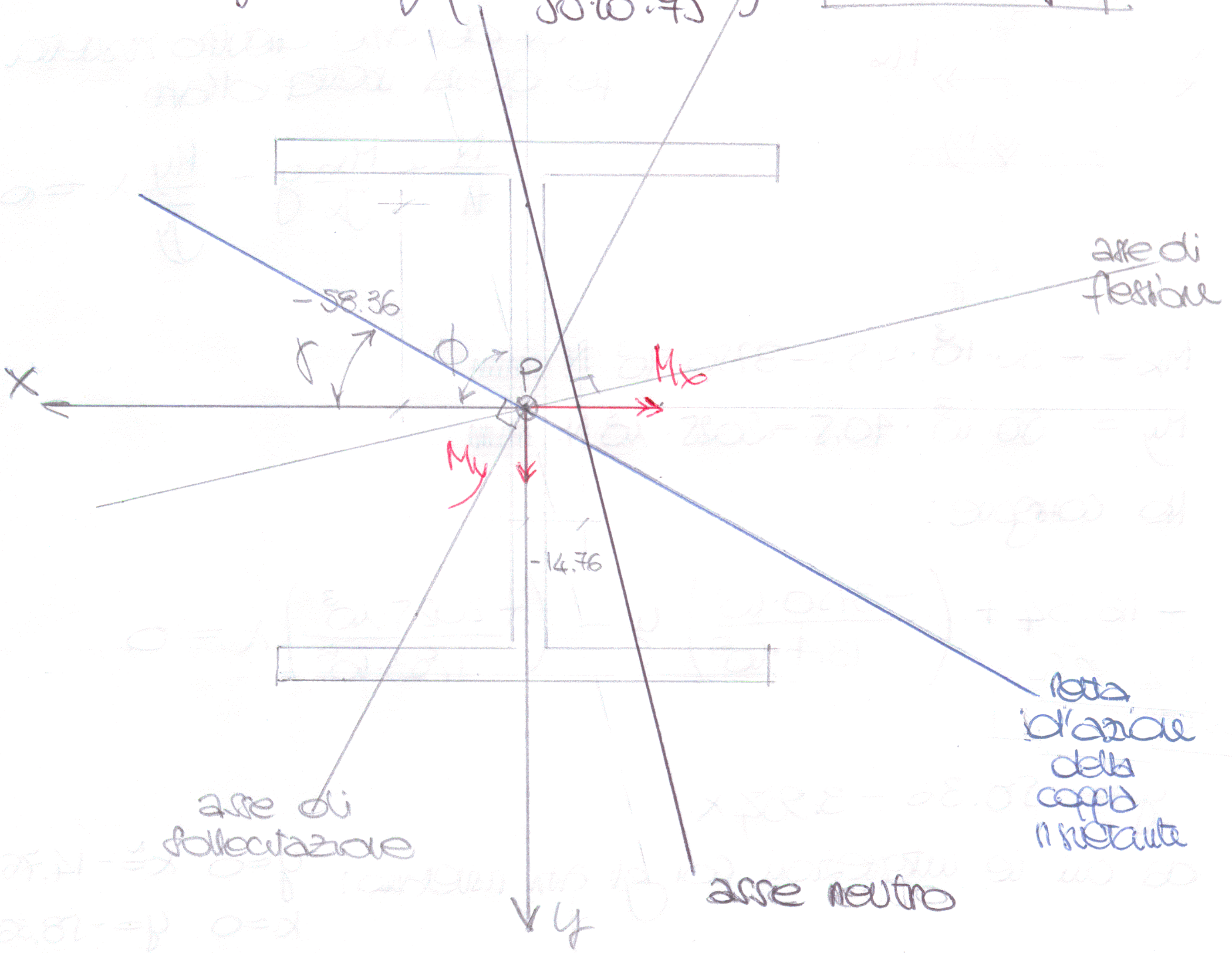
L'asse di flessione risulta perpendicolare all'asse neutro.

Infine riguardo l'asse di sollecitazione, la coppia risultante M forma un angolo γ rispetto all'asse x dato dalla:

$$\tan\gamma = \frac{M_y}{M_x}$$

Da cui:

$$\gamma = \operatorname{arctg}\left(-\frac{50\cdot10^3\cdot40.53}{50\cdot10^3\cdot75}\right) = \boxed{-28.38° = \gamma}$$



fila B2

Profilo S250 x 37,8

Determinare, assegnata la posizione del carico P, il carico P t.c. la massima tensione di compressione sia pari a 85 MPa.

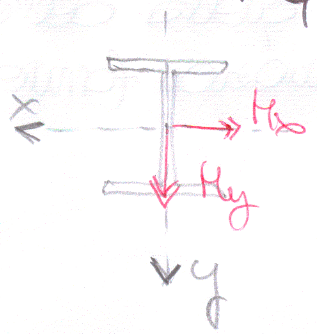
Valendo le considerazioni precedenti fatte per l'esercizio della fila B1, ancora la massima tensione di compressione risulta in D; dunque:

$$-\frac{P}{A}-\frac{P\cdot 120}{S_x}-\frac{P\cdot 40}{S_y}=-85$$

$$-P\left(\frac{1}{4820}+\frac{120}{402\cdot 10^3}+\frac{40}{47.5\cdot 10^3}\right)=-85$$

$$\boxed{P=63.05\ \text{kN}}$$

Ricaviamo a questo punto l'equazione dell'asse neutro:



l'equ. dell'asse neutro risulta ancora:

$$\frac{N}{A}+\frac{M_x}{J_x}y-\frac{M_y}{J_y}x=0$$

$M_x=-63.05\cdot 10^3\cdot 120=-7566\cdot 10^3$ N·mm

$M_y=+63.05\cdot 10^3\cdot 40=2522\cdot 10^3$ N·mm

Ne consegue

$$-\frac{63.05\cdot 10^3}{4820}+\left(-\frac{7566\cdot 10^3}{51.1\cdot 10^6}\right)y-\left(+\frac{2522\cdot 10^3}{2.86\cdot 10^6}\right)x=0$$

$$y=-88.35-5.96x$$

da cui si hanno le intersezioni con gli assi:

$y=0 \qquad x\cong -14.83$ mm

$x=0 \qquad y=-88.35$ mm

l'angolo ϕ che l'asse neutro forma con l'asse x risulta:

$$\phi = \text{arctg}\left(-\frac{51.1\cdot 10^6}{2.86\cdot 10^6}\cdot\frac{63.05\cdot 10^3}{63.05\cdot 10^3}\cdot\frac{40}{120}\right) \cong \boxed{80.5^\circ = \phi}$$

l'asse di flessione risulta perpendicolare all'asse neutro.

Infine per quanto riguarda l'asse di sollecitazione, la coppia risultante M forma un angolo γ rispetto all'asse x dato dalla:

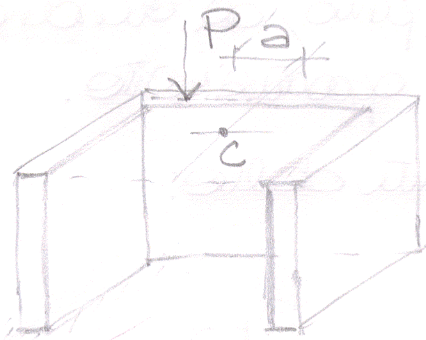
$$\tan\gamma = \frac{M_y}{M_x}$$

$$\gamma = \text{arctg}\left(-\frac{63.05\cdot 10^3}{63.05\cdot 10^3}\cdot\frac{40}{120}\right) \cong \boxed{18.4^\circ = \gamma}$$

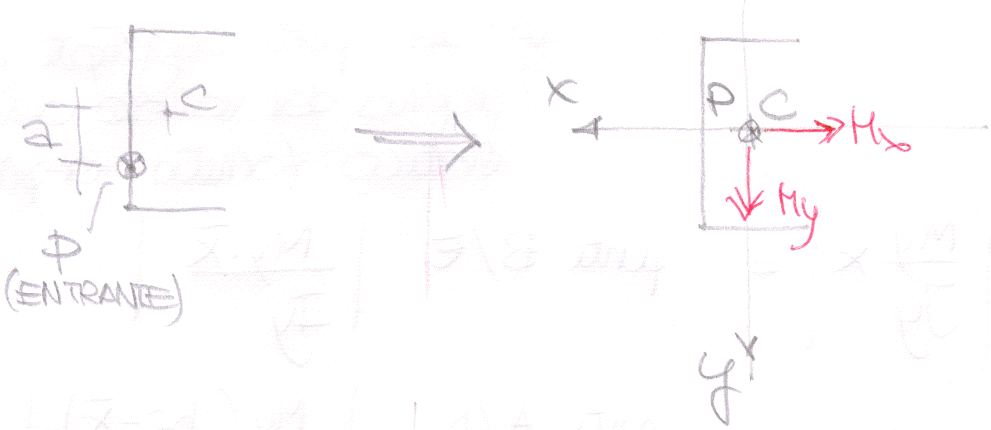
nota: per la rappresentazione grafica si veda quella dell'esame della fila B1 (tenendo conto delle variazioni fornite dai diversi valori numerici).

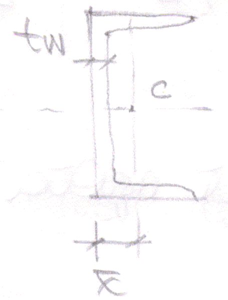
CARICO ASSIALE ECCENTRICO

Fila A



In primo luogo si sostituisce P con un sistema equivalente di forze applicato nel baricentro C del profilo:





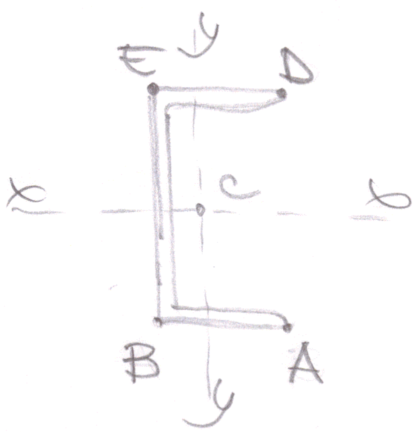
in cui:

$M_x = P \cdot a$

$M_y = P \cdot \left(\bar{x} - \frac{t_w}{2}\right)$

Il problema proposto richiede di determinare la distanza a (dato il carico P, od in alternativa di determinare il carico P assegnata la distanza a) in modo tale che la massima tensione di compressione sia pari ad un dato valore assegnato.

La tensione massima si realizzerà in uno dei 4 punti mostrati in figura:



E' sufficiente dunque a questo punto calcolare il contributo alla tensione fornito, per ciascun punto, da ciascuna condizione di carico e poi sommarle opportunamente.

In valore assoluto essi sono forniti dalle:

$$\sigma_1 = |P/A|$$

$$\sigma_2 = \left|\frac{M_x}{J_x} y\right| = \left|\frac{Pa}{J_x} \cdot y\right| = \left|\frac{Pa}{S_x}\right|$$

$\frac{J_x}{y}$ per i punti assegnati è dato proprio dal valore del momento statico fornito nel profilario.

$$\sigma_3 = \left|\frac{M_y}{J_y} x\right| = \quad \text{punti B/E} \quad \left|\frac{M_y \cdot \bar{x}}{I_y}\right|$$

$$\text{punti A/D} \quad \left|\frac{M_y (b_f - \bar{x})}{I_y}\right|$$

Per ciascuno dei punti considerati risulta:

$$\sigma_A = -\sigma_1 - \sigma_2 + \sigma_3$$

$$\sigma_B = -\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3$$

$$\sigma_E = -\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3$$

$$\sigma_D = -\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$$

Ne consegue che il massimo valore della tensione di compressione è realizzato in B.

Prova A1

Profilo C 150 × 12.2

Determinare, assegnato il carico P pari a 30 kN, a t.c. la massima tensione di compressione sia pari a 60 MPa -

Si calcolino i vari contributi alla tensione:

$$\sigma_1 = \left|\frac{P}{A}\right| = \left|\frac{30\ kN}{1540\ mm^2}\right| = 19.48\ N/mm^2$$

$$\sigma_2 = \left|\frac{M_x}{S_x}\right| = \left|\frac{P \cdot a}{S_x}\right| = \left|\frac{30\ kN \cdot a}{70.4 \cdot 10^3\ mm^3}\right| = 0.426 \cdot a\ \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_3(B) = \left|\frac{M_y \bar{x}}{I_y}\right| = \left|\frac{304.5\ kN \cdot mm \cdot 12.7\ mm}{0.275 \cdot 10^6\ mm^4}\right| = 14.01\ \frac{N}{mm^2}$$

$$M_y = P \cdot \left(\bar{x} - \frac{t_W}{2}\right) = 30\ kN \cdot \underbrace{\left(12.7 - \frac{5.1}{2}\right)}_{10.15\ mm} = 304.5\ kN \cdot mm$$

La massima tensione di compressione si realizza nel punto B -
Pertanto

$$-\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3 = -60$$

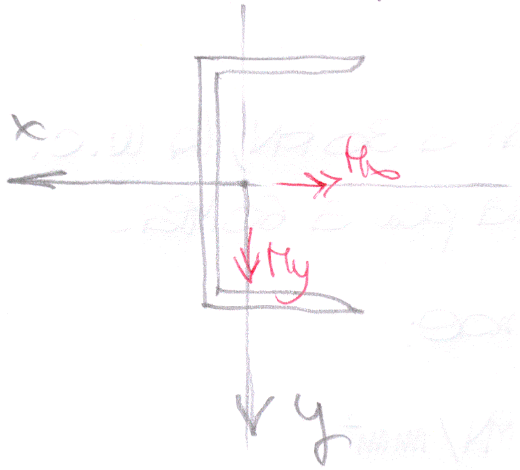
di compressione!

Sostituendo i valori numerici:

$$-19.48 - 0.426 \cdot a - 14.01 = -60$$

$$\boxed{a \cong 62.2\ mm}$$

Ricaviamo a questo punto l'equazione dell'asse neutro:



l'equ. dell'asse neutro risulta:

$$\frac{N}{A} + \frac{M_x}{J_x} y - \frac{M_y}{J_y} x = 0$$

$$M_x = -P \cdot a = -30 \cdot 10^3 \, N \cdot 62.2 \, mm = 1866 \, KN \cdot mm$$

$$M_y = P \cdot \left(\bar{x} - \frac{t_w}{2}\right) = 304.5 \, KN \cdot mm$$

Ne consegue:

$$-19.48 + \left(-\frac{1866 \cdot 10^3}{5.35 \cdot 10^6}\right) y - \left(\frac{+304.5 \cdot 10^3}{0.276 \cdot 10^6}\right) x = 0$$

$$-19.48 - 0.348 y - 1.1 x = 0$$

$$\boxed{y = -55.85 - 3.15 x}$$

Da cui le intersezioni con gli assi risultano:

$y = 0 \quad x = -17.71 \, mm$

$x = 0 \quad y = -55.85 \, mm$

Ancora l'angolo che l'asse neutro forma con l'asse x è dato dalla:

$$\tan\phi = \frac{J_x}{J_y} \frac{M_y}{M_x}$$

Per cui:

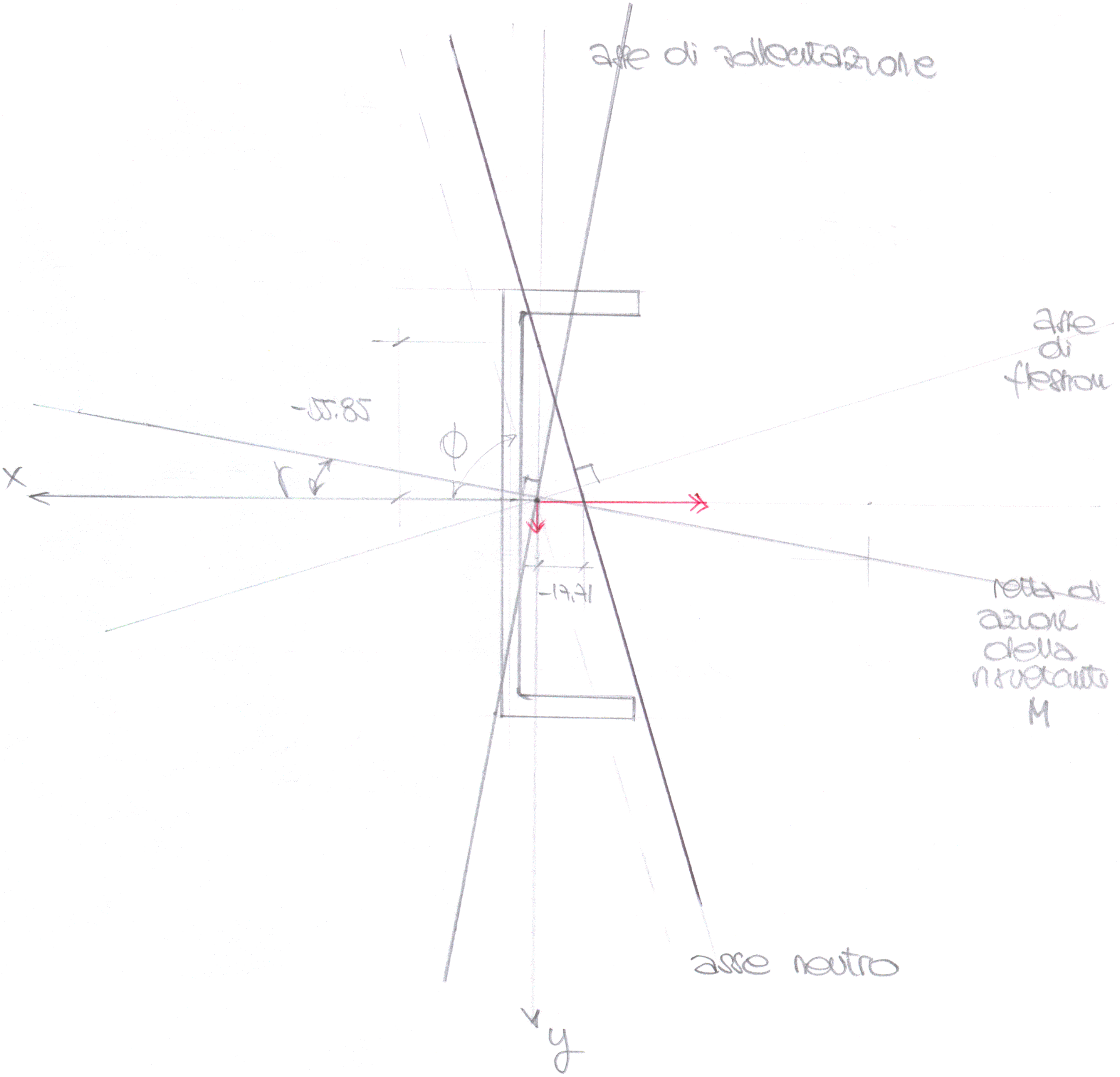
$$\phi = \operatorname{arctg}\left(-\frac{5.35 \cdot 10^6}{0.276 \cdot 10^6} \cdot \frac{304.5 \cdot 10^3}{1866 \cdot 10^3}\right) = \boxed{-72.45^\circ = \phi}$$

L'asse di flessione risulta perpendicolare all'asse neutro.
Riguardo l'asse di sollecitazione, la retta d'azione della coppia risultante M forma un angolo γ rispetto all'asse x dato dalla:

$$\tan\gamma = M_y / M_x$$

Da cui:

$$\gamma = \arctg\left(-\frac{304.5}{1866}\right) = \boxed{9.3° = \gamma}$$



fila A2

Profilo C150 x 19.3

Determinare, assegnata la posizione del carico P, il valore del carico P in modo t.c. la massima tensione di compressione sia pari a 70 MPa.

Valendo le considerazioni precedenti fatte per l'esercizio della fila A1, ancora la massima tensione di compressione risulta in B.

$$M_x = -P \cdot a = -P \cdot 40$$

$$M_y = +P \cdot \left(\bar{x} - \frac{t_W}{2}\right) = +P\left(12.9 - \frac{11.1}{2}\right) = P \cdot 7.35$$

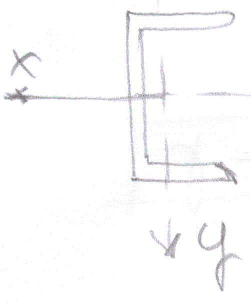
Da cui:

$$-\frac{P}{A} - \frac{P \cdot a}{S_x} - \frac{P \cdot (\bar{x} - t_W/2) \cdot \bar{x}}{I_y} = -70$$

$$-P\left(\frac{1}{2450} + \frac{40}{93.6 \cdot 10^3} + \frac{7.35 \cdot 12.9}{0.42 \cdot 10^6}\right) = -70$$

$$\boxed{P \cong 65.96 \text{ kN}}$$

Ricaviamo a questo punto l'equazione dell'asse neutro.



$$\frac{N}{A} + \frac{M_x}{J_x} y - \frac{M_y}{J_y} x = 0$$

$$M_x = -65.96 \cdot 10^3 \cdot 40 = -2638.4 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

$$M_y = +65.96 \cdot 10^3 \cdot 7.35 = 484.81 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

Ne consegue

$$-\frac{65.96\cdot 10^3}{2450}+\left(-\frac{2638.4\cdot 10^3}{7.11\cdot 10^6}\right)y-\left(\frac{+484.81\cdot 10^3}{0.42\cdot 10^6}\right)x=0$$

$$-26.92-0.37\,y-1.15\,x=0$$

$$\boxed{y=-72.76-3.11\,x}$$

Da cui le intersezioni con gli assi risultano:

$y=0 \qquad x=-23.41$ mm

$x=0 \qquad y=-72.76$ mm

Ancora l'angolo che l'asse neutro forma con l'asse x è dato dalla:

$$\tan\phi=\frac{J_x}{J_y}\,\frac{M_y}{M_x}$$

Per cui:

$$\phi=\operatorname{arctg}\left(-\frac{7.11\cdot 10^6}{0.42\,10^6}\,\frac{484.81}{2638.4}\right)=\boxed{-72.17=\phi}$$

L'asse di flessione risulta perpendicolare all'asse neutro. Riguardo l'asse di sollecitazione, la retta d'azione della coppia risultante M forma un angolo γ rispetto all'asse x dato dalla:

$$\tan\gamma=M_y/M_x$$

da cui:

$$\gamma=\operatorname{arctg}(-484.81/2638.4)=\boxed{-10.41=\gamma}$$

Nota: per la rappresentazione grafica si veda quella dell'esercizio della fila A1 (tenendo conto delle variazioni fornite dai diversi valori numerici)