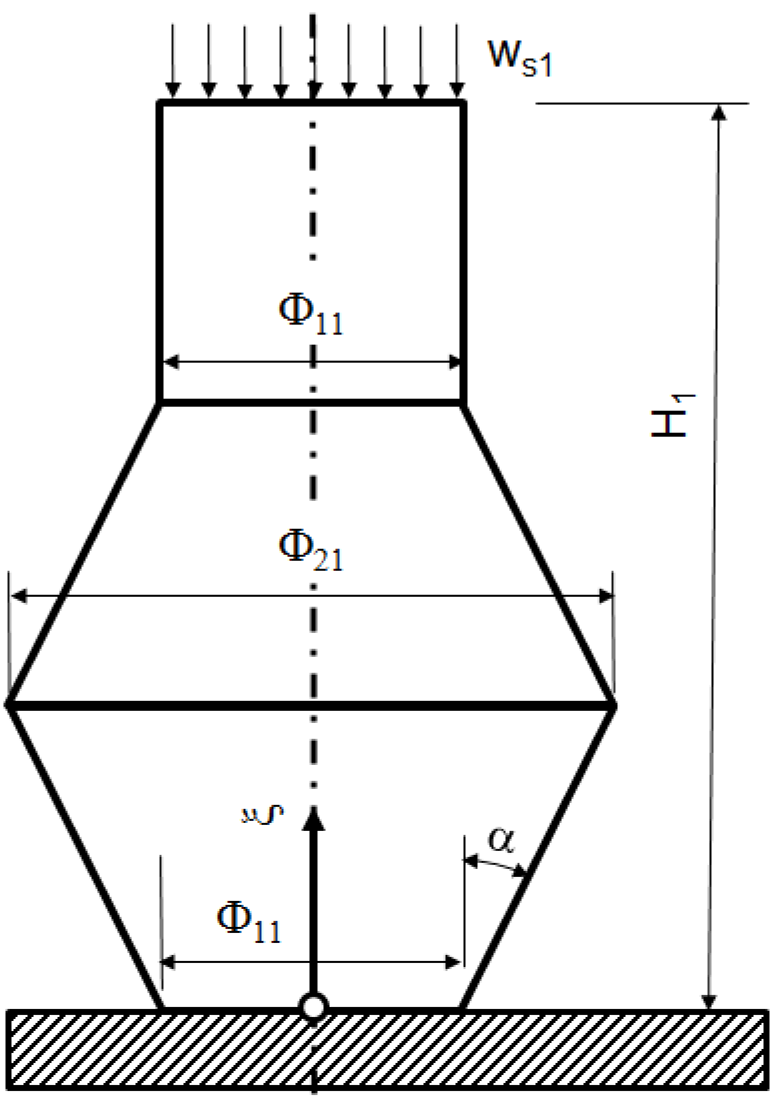
COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
ESAME DEL 02/07/2015

Esercizio 1

E' dato il recipiente cilindrico in acciaio chiuso agli estremi mostrato in Fig. 1.1, soggetto ad una pressione interna p_0. Il recipiente è appoggiato al suolo e sulla sua faccia superiore agisce un carico uniformemente distribuito di risultante W_{S1}.

Si determini, trascurando gli effetti locali ed il peso proprio del recipiente:

1. l'andamento delle caratteristiche di sollecitazione membranali in funzione della coordinata assiale ξ
2. lo spessore minimo richiesto per le parti cilindrica e coniche
3. con lo spessore di cui al punto 2, la massima variazione di diametro del cilindro



$\Phi_{11} := 1 \cdot m$

$\Phi_{21} := 2 \cdot m$

$\alpha := \frac{\pi}{6}$

$H_1 := 3 \cdot m$

$W_{S1} := 150 \cdot kN$

$\sigma_{amm} := 100 \cdot MPa$

$p_0 := 0.75 \cdot bar$

$E := 210000 MPa$

$\nu := 0.3$

Fig. 1.1

Quesito 1

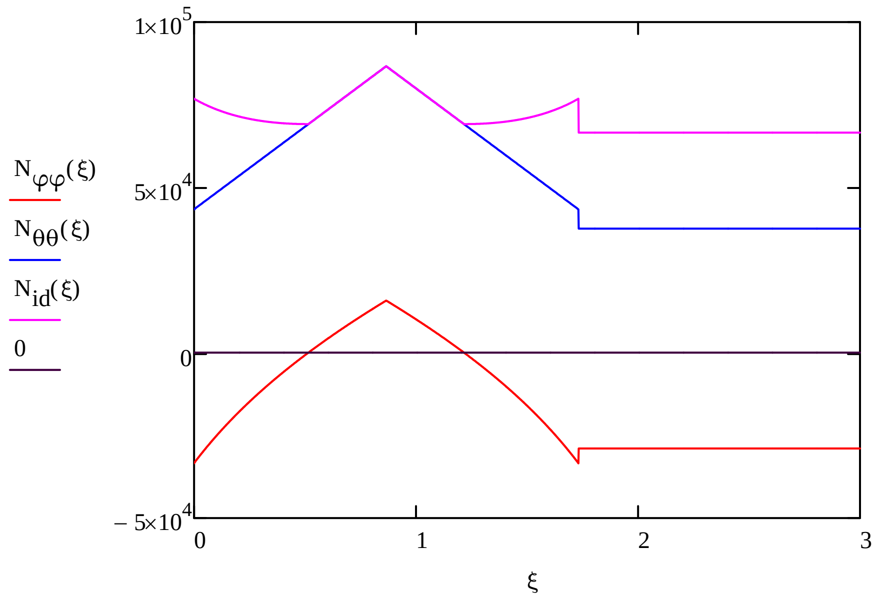
$$\xi := 0 \cdot m, 0.001 \cdot m .. H_1$$

$$h_c := \frac{(\Phi_{21} - \Phi_{11})}{2} \cdot \frac{1}{\tan(\alpha)} = 0.866\,m$$

$$N_{\varphi\varphi}(\xi) := \begin{cases} \left[\dfrac{p_0 \cdot \pi \cdot \left(\dfrac{\Phi_{11}}{2} + \xi \cdot \tan(\alpha)\right)^2 - W_{S1}}{\pi \cdot \cos(\alpha) \cdot (\Phi_{11} + 2 \cdot \xi \cdot \tan(\alpha))}\right] & \text{if } 0 \cdot m \le \xi \le h_c \\ \left[\dfrac{p_0 \cdot \pi \cdot \left[\dfrac{\Phi_{21}}{2} - (\xi - h_c) \cdot \tan(\alpha)\right]^2 - W_{S1}}{\pi \cdot \cos(\alpha) \cdot \left[\Phi_{21} - 2 \cdot (\xi - h_c) \cdot \tan(\alpha)\right]}\right] & \text{if } h_c < \xi \le 2 \cdot h_c \\ \left(\left(p_0 \cdot \dfrac{\Phi_{11}}{4} - \dfrac{W_{S1}}{\pi \cdot \Phi_{11}}\right)\right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{\theta\theta}(\xi) := \begin{cases} \left[p_0 \cdot \dfrac{\left(\dfrac{\Phi_{11}}{2} + \xi \cdot \tan(\alpha)\right)}{\cos(\alpha)}\right] & \text{if } 0 \cdot m \le \xi \le h_c \\ \left[p_0 \cdot \dfrac{\left[\dfrac{\Phi_{21}}{2} - (\xi - h_c) \cdot \tan(\alpha)\right]}{\cos(\alpha)}\right] & \text{if } h_c < \xi \le 2 \cdot h_c \\ \left(\left(p_0 \cdot \dfrac{\Phi_{11}}{2}\right)\right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N_{id}(\xi) := \max\left(\left|N_{\theta\theta}(\xi)\right|, \left|N_{\varphi\varphi}(\xi)\right|, \left|N_{\theta\theta}(\xi) - N_{\varphi\varphi}(\xi)\right|\right)$$



Quesito 2

$$s_{cil1} := \frac{\left|N_{\theta\theta}(H_1) - N_{\varphi\varphi}(H_1)\right|}{\sigma_{amm}} = 0.665 \cdot mm$$

$$s_{con1} := \frac{\left|N_{\theta\theta}(h_c)\right|}{\sigma_{amm}} = 0.866 \cdot mm$$

Quesito 3

$$\varepsilon_c := \frac{N_{\theta\theta}(H_1) - \nu \cdot N_{\varphi\varphi}(H_1)}{s_{cil1}} \cdot \frac{1}{E} = 3.308 \times 10^{-4}$$

$$\Delta\Phi := \Phi_{11} \cdot \varepsilon_c = 0.331 \cdot mm$$

Esercizio 2

Verificare la resistenza ad attrito del giunto bullonato a flangia all'estremità della trave mostrata in Fig. 2.1. Le flange sono di forma quadrata ed i bulloni sono disposti su di esse in modo simmetrico.

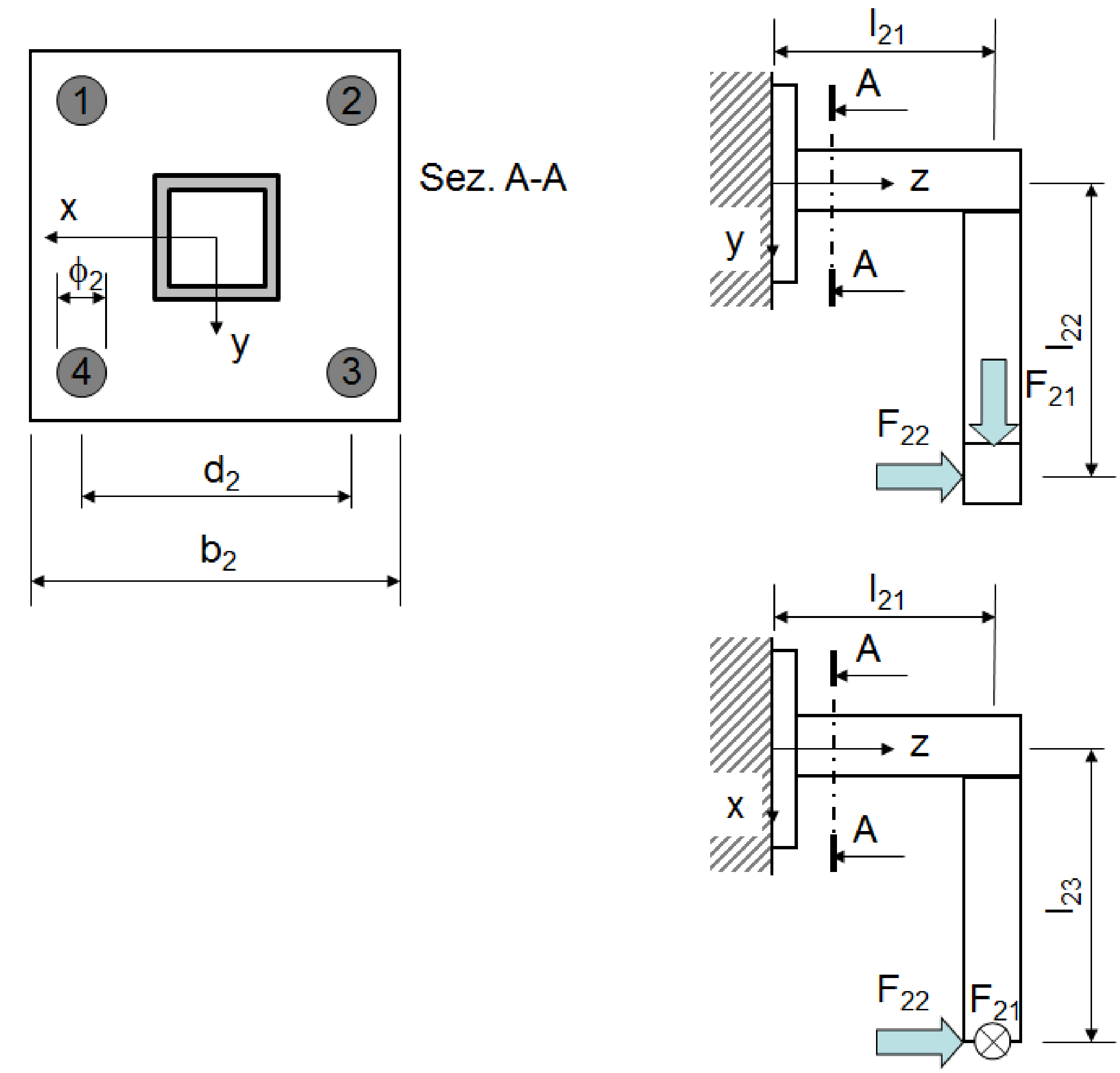


Fig. 2.1

$l_{21} := 500 \cdot mm$ $\qquad l_{22} := 750 \cdot mm$ $\qquad l_{23} := 700 \cdot mm$

$\phi_2 := 8 \cdot mm$ $\qquad d_2 := 200 \cdot mm$ $\qquad b_2 := 220 \cdot mm$

$\varphi_{min} := 1.5$ Coefficiente di sicurezza

$f := 0.3$ $\qquad \sigma_b := 800 \cdot MPa$ $\qquad F_{21} := 2.5 \cdot kN$ $\qquad F_{22} := 4 \cdot kN$

Caratteristiche di sollecitazione in corrispondenza del giunto

$$M_x := F_{21} \cdot l_{21} - F_{22} \cdot l_{22} = -1.75 \times 10^3 \cdot N \cdot m$$

$$M_y := F_{22} \cdot l_{23} = 2.8 \times 10^3 \cdot N \cdot m$$

$$M_z := F_{21} \cdot l_{23} = 1.75 \times 10^3 \cdot N \cdot m$$

$$T_y := F_{21} = 2.5 \times 10^3 N$$

$$F_z := F_{22}$$

Azioni sui bulloni

$$T_{iy} := \frac{T_y}{4} = 625 N$$

$$T_{iz} := \frac{M_z \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \sqrt{2}}{4 \cdot \left(\frac{d_2}{2} \cdot \sqrt{2}\right)^2} = 3.094 \times 10^3 N$$

$$N_{ix} := \frac{M_x \cdot \frac{d_2}{2}}{4 \cdot \left(\frac{d_2}{2}\right)^2} = -4.375 \times 10^3 N$$

$$N_{iy} := \frac{M_y \cdot \frac{d_2}{2}}{4 \cdot \left(\frac{d_2}{2}\right)^2} = 7 \times 10^3 N$$

$$N_{iz} := \frac{F_z}{4} = 1 \times 10^3 N$$

Dati bullone

$$N_0 := 0.8 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_2^{\,2}}{4} \cdot \sigma_b = 3.217 \times 10^4 \, N$$

Verifica

$$\left(N_{ix} + N_{iy} + N_{iz}\right) \cdot \varphi_{min} = 5.438 \times 10^3 \, N \qquad < \qquad 0.8 \cdot N_0 = 2.574 \times 10^4 \, N$$

$$T_{iy} + T_{iz} = 3.719 \times 10^3 \, N \qquad < \qquad \frac{f \cdot \left[N_0 - \left(N_{ix} + N_{iy} + N_{iz}\right)\right]}{\varphi_{min}} = 5.709 \times 10^3 \, N$$

Esercizio 3

La molla di torsione mostrata in Fig. 3.1 è soggetta ad un carico variabile ciclicamente tra 0 e P_3..
Condurre la verifica a vita infinita della molla, con coefficiente di sicurezza φ.

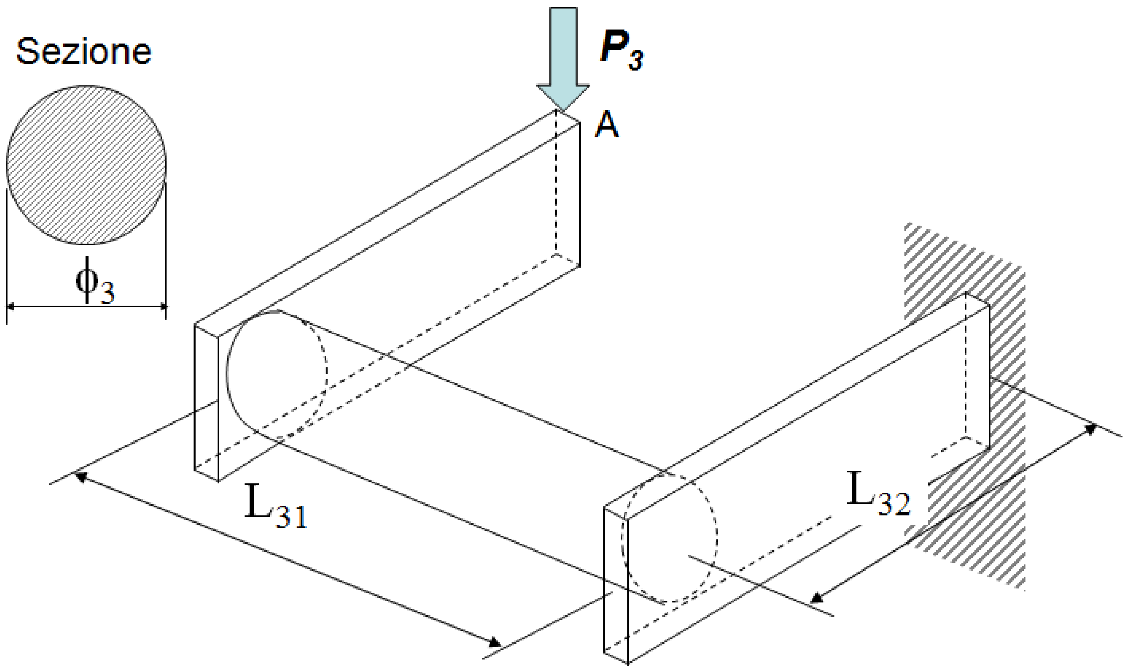


Fig. 3.1

$\Phi_3 := 25 \cdot mm$ $\qquad L_{31} := 300 \cdot mm$ $\qquad L_{32} := 400 \cdot mm$

$P_3 := 0.5 \cdot kN$ $\qquad \sigma_s := 480 \cdot MPa$ $\qquad \Delta\sigma_{lim} := 450 \cdot MPa$

$\varphi := 2$

Caratteristiche sezione circolare

$$A_3 := \pi\cdot\frac{\Phi_3^{\ 2}}{4} = 490.874\cdot mm^2$$

$$J_{x3} := \pi\cdot\frac{\Phi_3^{\ 4}}{64} = 1.917\times10^4\cdot mm^4$$

$$J_{03} := \pi\cdot\frac{\Phi_3^{\ 4}}{32} = 3.835\times10^4\cdot mm^4$$

Caratteristiche di sollecitazione massime)

$$M_{x3} := P_3\cdot L_{31} = 150\cdot N\cdot m$$

$$M_{z3} := P_3\cdot L_{32} = 200\cdot N\cdot m$$

Tensioni

$$\sigma_{zmax} := \frac{M_{x3}}{J_{x3}}\cdot\frac{\Phi_3}{2} = 97.785\cdot MPa$$

$$\tau_{max} := \frac{M_{z3}}{J_{03}}\cdot\frac{\Phi_3}{2} = 65.19\cdot MPa$$

Cicli di fatica

$$\Delta\sigma_{nom} := \sigma_{zmax} = 97.785\cdot MPa$$

$$\sigma_m := \frac{\sigma_{zmax}}{2} = 48.892\cdot MPa$$

$$\Delta\sigma_{eff} := \Delta\sigma_{nom}\cdot\frac{\sigma_s}{\sigma_s-\sigma_m} = 108.875\cdot MPa$$

$$\tau_s := \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}} = 277.128\cdot MPa$$

$$\Delta\tau_{nom} := \tau_{max} = 65.19\cdot MPa$$

$$\tau_m := \frac{\tau_{max}}{2} = 32.595\cdot MPa$$

$$\Delta\tau_{eff} := \Delta\tau_{nom} \cdot \frac{\tau_s}{\tau_s - \tau_m} = 73.879 \cdot MPa$$

$$\Delta\tau_{lim} := \frac{\Delta\sigma_{lim}}{\sqrt{3}} = 259.808 \cdot MPa$$

$$\left(\frac{\Delta\sigma_{eff}}{\Delta\sigma_{lim}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\tau_{eff}}{\Delta\tau_{lim}}\right)^2 = 0.139 \qquad < \qquad \frac{1}{\varphi^2} = 0.25$$