

# COSTRUZIONI DI APPARECCHIATURE CHIMICHE

Esame del 09/09/2011

## Esercizio 1

La piastra circolare di lega leggera ( $E=76\text{GPa}$ ,  $\nu=0.3$ ,  $\sigma_{am}=250\text{MPa}$ ) in figura 1, con raggio  $b = 300\text{mm}$  e spessore  $h = 12\text{mm}$  ha il bordo incastrato al telaio ed è caricata con una pressione uniforme.

a) Dimostrare che lo spostamento verticale del piano medio soddisfa l'espressione:

$$w(r) = w_0 \left( 1 - \left( \frac{r}{b} \right)^2 \right)^2$$

in cui  $w_0$  è lo spostamento nel centro.

b) Determinare la massima pressione  $p$  che può essere applicata compatibile con la resistenza del materiale.

c) Con il carico ottenuto in b), determinare  $w_0$ .

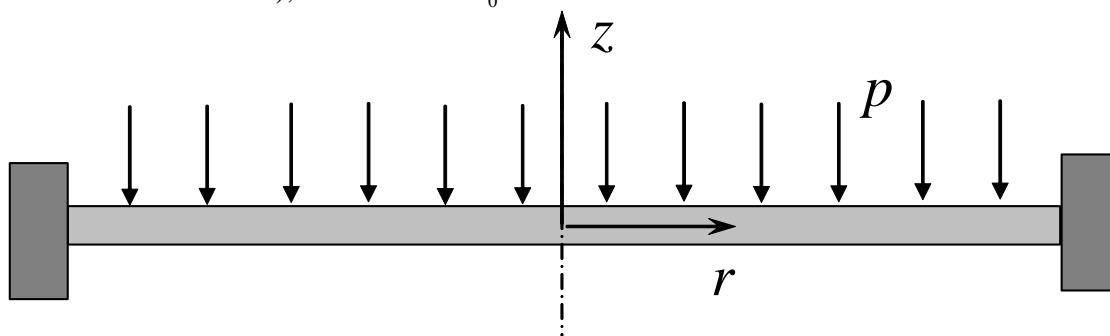


Figura 1

### Risposta a)

Per una piastra circolare uniformemente caricata vale l'equazione risolvente:

$$\frac{d}{dr} \left[ \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dw}{dr} \right) \right] = -\frac{S}{D} = -\frac{pr}{2D}$$

da cui si ricava la soluzione generale:

$$w = -\frac{p}{64D} r^4 + \frac{c_1}{4} r^2 + c_2 \ln \left( \frac{r}{b} \right) + c_3$$

Con le C.C.:

$$w(b) = w'(0) = w'(b) = 0$$

si ha:

$$w = -\frac{p}{64D} (r^4 - 2b^2 r^2 + b^4) = -\frac{pb^4}{64D} \left( 1 - \left( \frac{r}{b} \right)^2 \right)^2$$

### Risposta b)

Le condizioni critiche si raggiungono sul bordo esterno dove i momenti flettenti sono concordi, quindi per la resistenza domina il momento massimo  $|M_{rr}(b)| = D \cdot |w''(b)|$ . Imponendo:  $|M_{rr}(b)| = \sigma_{am} \frac{h^2}{6}$  si ricava:

$$p_{max} = 0.533 \text{ MPa}$$

### Risposta c)

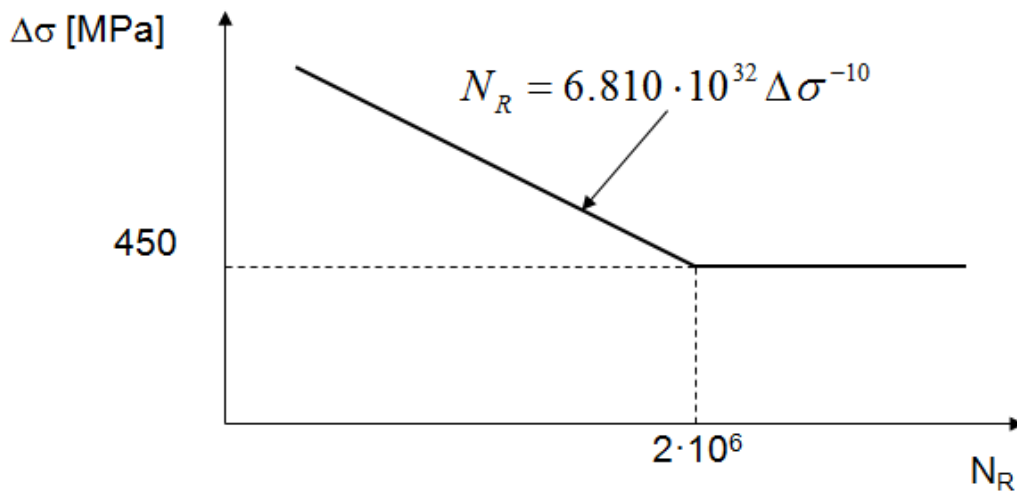
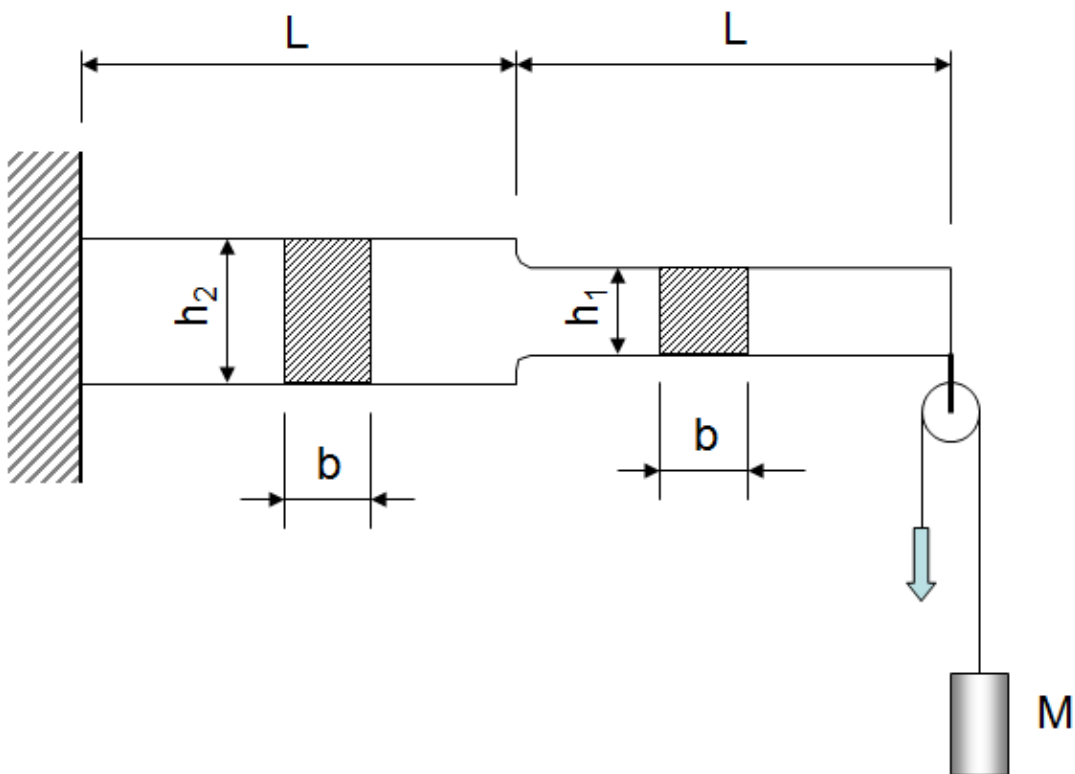
$$|w_0| = \frac{p_{max} b^4}{64D} = 5.61 \text{ mm}$$

## ESERCIZIO 2

Calcolare la durata in anni di esercizio della struttura mostrata in Fig. 1, la quale è chiamata a sollevare la massa indicata nel 30 % dei casi ed una massa pari a 1/2 di quella indicata nel restante 70%.

Dati:

- $L = 2000$  mm
- $M = 2500$  Kg
- $b = 70$  mm
- $h_1 = 200$  mm
- $h_2 = 240$  mm
- $\sigma_S = 450$  MPa (tensione snervamento materiale)
- Numero di sollevamenti al giorno: 30
- $K_T = 2.5$



$$\begin{aligned}
L_0 &:= 2000 \cdot \text{mm} & M_0 &:= 2500 \cdot \text{kg} & b &:= 70 \cdot \text{mm} & h_1 &:= 200 \cdot \text{mm} & h_2 &:= 240 \cdot \text{mm} \\
\sigma_S &:= 450 \cdot \text{MPa} & n_{\text{sg}} &:= 30 & \%0 &:= 0.3 & \%1 &:= 1 - \%0 & M_1 &:= M_0 \cdot 0.5 \\
K_T &:= 2.5
\end{aligned}$$

Caratteristiche delle due sezioni

$$J_{x1} := \frac{b \cdot h_1^3}{12} = 4.667 \times 10^{-5} \text{ m}^4 \qquad J_{x2} := \frac{b \cdot h_2^3}{12} = 8.064 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

Fattori per trovare la tensione dato il carico nelle due sezioni critiche

$$\frac{L_0}{J_{x1}} \cdot \frac{h_1}{2} \cdot K_T = 1.071 \times 10^4 \frac{1}{\text{m}^2} \qquad \text{Peggiora la sezione 1}$$

$$\frac{2L_0}{J_{x2}} \cdot \frac{h_2}{2} = 5.952 \times 10^3 \frac{1}{\text{m}^2}$$

Calcolo momento flettente e tensione 30% dei casi

$$M_{x0} := M_0 \cdot 2 \cdot g \cdot L_0 \qquad \text{Momento}$$

$$\Delta\sigma_0 := \frac{M_{x0}}{J_{x1}} \cdot \frac{h_1}{2} = 210.142 \cdot \text{MPa} \qquad \text{Range tensione nominale}$$

$$\sigma_{m0} := \frac{\Delta\sigma_0}{2} = 105.071 \cdot \text{MPa} \qquad \text{Tensione media}$$

$$\Delta\sigma_{\text{0eff}} := \Delta\sigma_0 \cdot \left( \frac{\sigma_S}{\sigma_S - \sigma_{m0}} \right) = 274.156 \cdot \text{MPa} \qquad \text{Range efficace}$$

$$N_{R0} := 6.810 \cdot 10^{32} \cdot \left( \frac{\Delta\sigma_{\text{0eff}} \cdot K_T}{\text{MPa}} \right)^{-10} = 2.977 \times 10^4 \qquad \text{N° cicli a rottura}$$

Calcolo momento flettente e tensione 70% dei casi

$$M_{x1} := M_1 \cdot 2 \cdot g \cdot L_0 = 4.903 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\Delta\sigma_1 := \frac{M_{x1}}{J_{x1}} \cdot \frac{h_1}{2} = 105.071 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{m1} := \frac{\Delta\sigma_1}{2} = 52.536 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta\sigma_{1\text{eff}} := \Delta\sigma_1 \cdot \left( \frac{\sigma_S}{\sigma_S - \sigma_{m1}} \right) = 118.959 \cdot \text{MPa}$$

$$N_{R1} := 6.810 \cdot 10^{32} \cdot \left( \frac{\Delta\sigma_{1\text{eff}} \cdot K_T}{\text{MPa}} \right)^{-10} = 1.258 \times 10^8 \quad \text{Oltre il limite di fatica, non danneggiante}$$

Calcolo durata

$$D_{1\text{giorno}} := \frac{n_{\text{sg}} \cdot \%0}{N_{R0}} = 3.023 \times 10^{-4} \quad \text{Danneggiamento in 1 giorno}$$

$$n_{\text{gR}} := \frac{1}{D_{1\text{giorno}}} = 3.308 \times 10^3 \quad \text{N° giorni a rottura}$$

$$n_{\text{anni}} := \frac{n_{\text{gR}}}{365} = 9.062 \quad \text{N° anni a rottura}$$

### ESERCIZIO 3

È dato il giunto bullonato a flangia mostrato in Fig. 3.1. La flangia è di forma quadrata ed i bulloni sono disposti su di essa in maniera simmetrica.

Tramite una verifica ad attrito, calcolare il massimo valore ammissibile per la forza  $F$ .

Si trascuri il peso della trave.

Dati:

- $L = 1500 \text{ mm}$
- $b = 200 \text{ mm}$
- $a = 150 \text{ mm}$
- $d = 180 \text{ mm}$
- $\Phi = 10 \text{ mm}$
- $\sigma_b = 1100 \text{ MPa}$  (tensione limite materiale bullone)
- $f=0.3$  (coefficiente di attrito flange)
- $\varphi_{\min} = 1.5$  (coefficiente di sicurezza minimo richiesto)

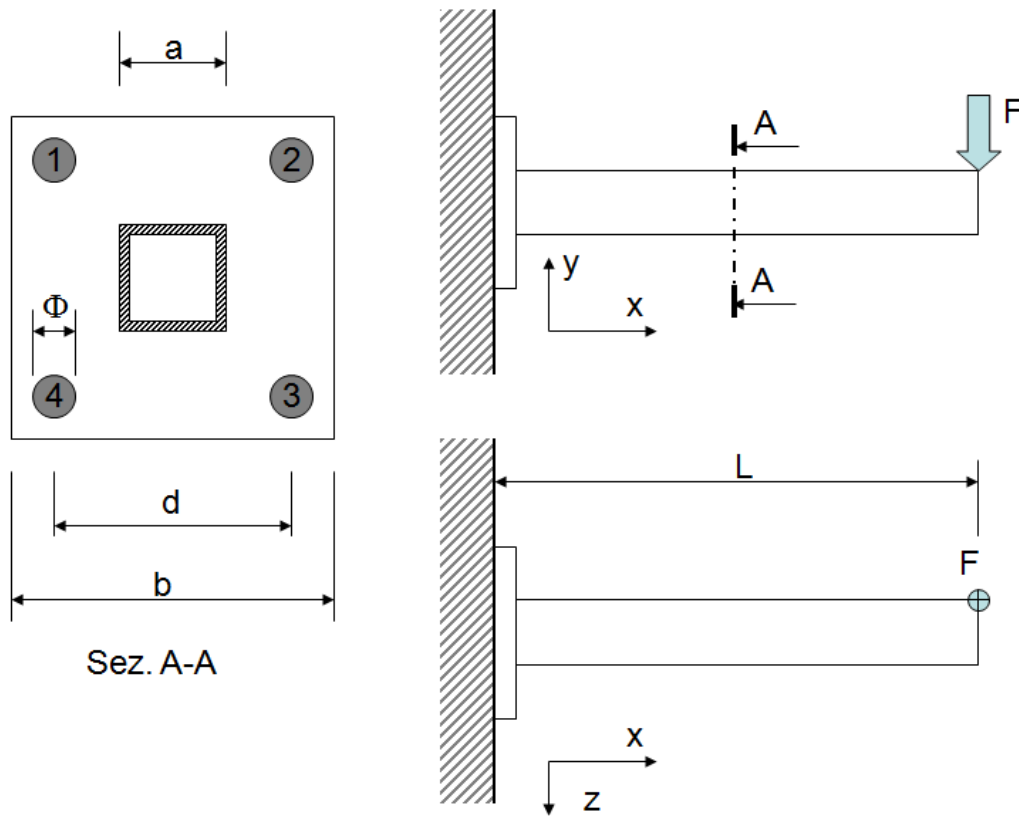


Fig. 3.1

$$L_1 := 1500\text{-mm} \quad b_1 := 200\text{-mm} \quad a_1 := 150\text{-mm} \quad d_1 := 180\text{-mm} \quad n_b := 4$$

$$\phi := 10\text{-mm} \quad \sigma_b := 1100\text{-MPa} \quad f := 0.3 \quad \psi := 1.5$$

$$N_0 := 0.8 \cdot \sigma_b \cdot \frac{\phi^2}{4} \cdot \pi$$

Azioni sul giunto

$$F := 1 \cdot \text{kN}$$

$$M_x := F \cdot L_1 \qquad M_z := F \cdot \frac{a_1}{2}$$

Azioni sui bulloni

$$T_z := \frac{M_z}{4 \cdot \left(\frac{d_1}{2} \cdot \sqrt{2}\right)^2} \cdot \frac{d_1}{2} \cdot \sqrt{2} = 147.314 \text{ N} \quad \text{Taglio da } M_z$$

$$T_y := \frac{F}{n_b} = 250 \text{ N} \quad \text{Taglio da } F_y$$

$$T_{\text{tot}} := T_z + T_y = 397.314 \text{ N}$$

$$N_1 := \frac{M_x}{4 \cdot \left(\frac{d_1}{2}\right)^2} \cdot \left(\frac{d_1}{2}\right) \quad \text{Forza normale da } M_x$$

Calcolo forza massima

$$\chi := \max \left[ \frac{N_1}{0.8 \cdot N_0}, \frac{T_{\text{tot}}}{f \cdot (N_0 - N_1)} \right] = 0.075$$

$$F_{\text{max}} := \frac{1.5}{\chi} \cdot F = 19.905 \cdot \text{kN}$$