COSTRUZIONE DI APPARECCHIATURE CHIMICHE
ESAME DEL 30/01/2014

Esercizio 1

E' data la piastra anulare in acciaio incastrata al bordo esterno Φ_0, mostrata nella Fig. 1.1, al centro della quale viene forzato un cilindro pieno (che può considerarsi infinitamente rigido) anch'esso in acciaio. L'interferenza radiale del forzamento è pari a i_0. Il coefficiente di attrito tra piastra e cilindro sulla superficie di accoppiamento è dato da f_0.

Calcolare:

1. le tensioni generate nella piastra dal forzamento
2. il massimo valore che può assumere il carico P prima di produrre scorrimento sulle superfici di accoppiamento
3. il coefficiente di sicurezza in presenza del solo forzamento
4. l'abbassamento del punto centrale della piastra in presenza di un carico pari al 5% di quello determinato al punto 2

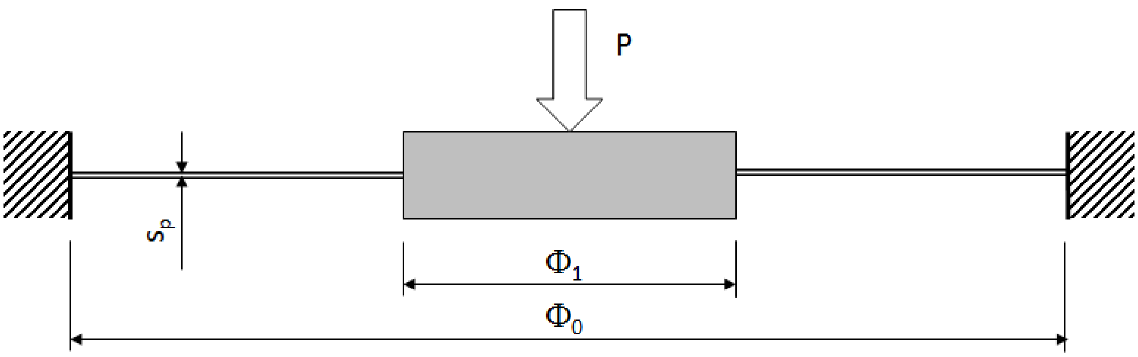


Fig. 1.1

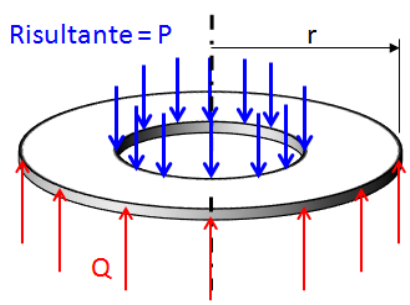
$E := 210000 \cdot MPa$ $\quad \nu := 0.3$ $\quad \sigma_{amm} := 150 \cdot MPa$ $\quad$ Dati materiale (acciaio)

$\Phi_1 := 500 \cdot mm$ $\quad \Phi_2 := 1500 \cdot mm$ $\quad s_p := 0.5 \cdot mm$

$i_0 := 0.01 \cdot mm$ $\quad f_0 := 0.1$

Si ricorda che la soluzione generale della piastra anulare caricata al bordo interno e di raggio esterno R_2 è data da:

$$w(r) := \frac{P \cdot r^2}{8 \pi D} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + C_{1p} \cdot r^2 + C_{2p} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + C_{3p}$$



Quesito 1

Date le condizioni di vincolo e l'ipotesi di cilindro rigido, sono noti i valori dello spostamento radiale u al raggio interno ed esterno della piastra:

$$u\left(\frac{\Phi_1}{2}\right) := i_0$$

$$u\left(\frac{\Phi_2}{2}\right) := 0$$

Sostituendo nella espressione generale dello spostamento, si determinano le relative costanti:

$C_1 := 1$ $\qquad C_2 := 1 \cdot m^2$

Given

$$C_1 \cdot \frac{\Phi_1}{2} + \frac{C_2}{\frac{\Phi_1}{2}} = i_0$$

$$C_1 \cdot \frac{\Phi_2}{2} + \frac{C_2}{\frac{\Phi_2}{2}} = 0$$

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} := \text{Find}(C_1, C_2) \qquad C_1 = -5 \times 10^{-6} \qquad C_2 = 2.813 \times 10^{-6} m^2$$

Note le costanti si ottiene immediatamente:

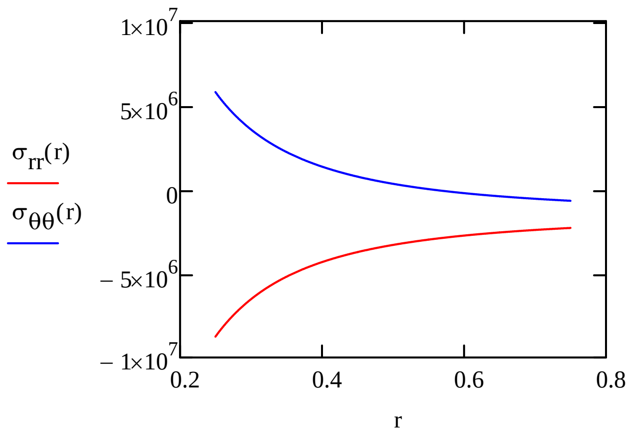
$$\sigma_{rr}(r) := \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \left[C_1 \cdot (1+\nu) - \frac{C_2}{r^2} \cdot (1-\nu)\right]$$

$$\sigma_{\theta\theta}(r) := \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \left[C_1 \cdot (1+\nu) + \frac{C_2}{r^2} \cdot (1-\nu)\right]$$

$$r := \frac{\Phi_1}{2}, \frac{\Phi_1}{2} + \frac{(\Phi_2 - \Phi_1)}{2000} .. \frac{\Phi_2}{2}$$

Pressione di contatto:

$$\sigma_{rr}\left(\frac{\Phi_1}{2}\right) = -8.769 \cdot MPa$$



Quesito 2

Il carico limite per lo scorrimento è pari a:

$$P_{lim} := \pi\cdot\Phi_1\cdot s_p\cdot f_0\cdot\left|\sigma_{rr}\left(\frac{\Phi_1}{2}\right)\right| = 688.734\,N$$

Quesito 3

La tensione ideale massima secondo Tresca nella piastra è data da:

$$\sigma_{idmax} := \left|\sigma_{rr}\left(\frac{\Phi_1}{2}\right) - \sigma_{\theta\theta}\left(\frac{\Phi_1}{2}\right)\right| = 14.538\cdot MPa$$

$$\varphi := \frac{\sigma_{amm}}{\sigma_{idmax}} = 10.317$$

Quesito 4

Il modello di calcolo da utilizzare è quello della piastra incastrata al bordo esterno, collegata ad un rinforzo rigido centrale, cui è applicato il carico verticale.

$$P := P_{lim}\cdot 0.05 \qquad R_1 := \frac{\Phi_1}{2} \qquad R_2 := \frac{\Phi_2}{2} \qquad D := \frac{E\cdot s_p^{\,3}}{12\cdot\left(1-\nu^2\right)}$$

La soluzione generale è del tipo

$$w(r) := \frac{P \cdot r^2}{8\pi D} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + C_{1p} \cdot r^2 + C_{2p} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + C_{3p}$$

Le CC da imporre sono:

$$w(R_2) := 0$$

$$\frac{d}{dr} w(R_2) := 0$$

$$\frac{d}{dr} w(R_1) := 0$$

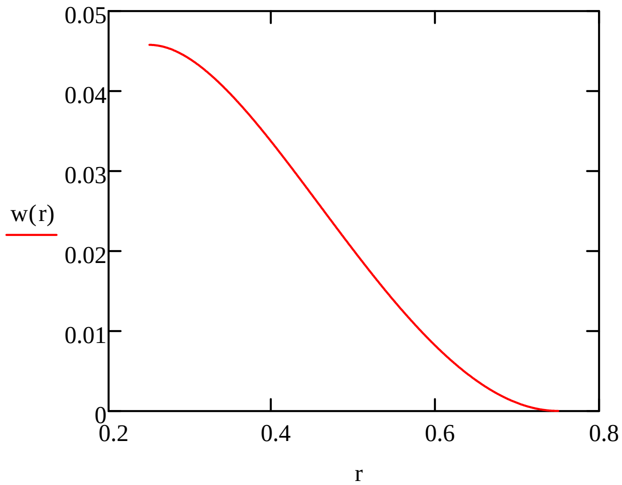
Si calcolano quindi i valori delle costanti e l'andamento dello spostamento:

$$C_{1p} := \frac{P}{8 \cdot \pi \cdot D} \cdot \left(\frac{R_1^{\,2}}{R_2^{\,2} - R_1^{\,2}} \cdot \ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right) - \frac{1}{2}\right) = -0.363 \, \frac{1}{m}$$

$$C_{2p} := -\left[2 \cdot \left[\frac{P}{8 \cdot \pi \cdot D} \cdot \left(\frac{R_1^{\,2}}{R_2^{\,2} - R_1^{\,2}} \cdot \ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right) - \frac{1}{2}\right)\right] \cdot R_2^{\,2} + \frac{P \cdot R_2^{\,2}}{8 \cdot \pi \cdot D}\right] = 0.088 \, m$$

$$C_{3p} := -\left[\frac{P \cdot R_2^{\,2}}{8 \cdot \pi \cdot D} \cdot \left(\frac{R_1^{\,2}}{R_2^{\,2} - R_1^{\,2}} \cdot \ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right) - \frac{1}{2}\right)\right] = 0.204 \, m$$

$$w(r) := \frac{P \cdot r^2}{8\pi D} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + C_{1p} \cdot r^2 + C_{2p} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + C_{3p}$$



$$w(R_1) = 0.046\,\mathrm{m}$$

Esercizio 2

Dato il dispositivo avvolgicavo mostrato nella Fig. 2.1, soggetto alla forza F applicata al cavo, condurre la verifica della giunzione saldata.
NB: il perno è bloccato contro la rotazione rispetto alle alette e costituisce con esse un tutto unico.

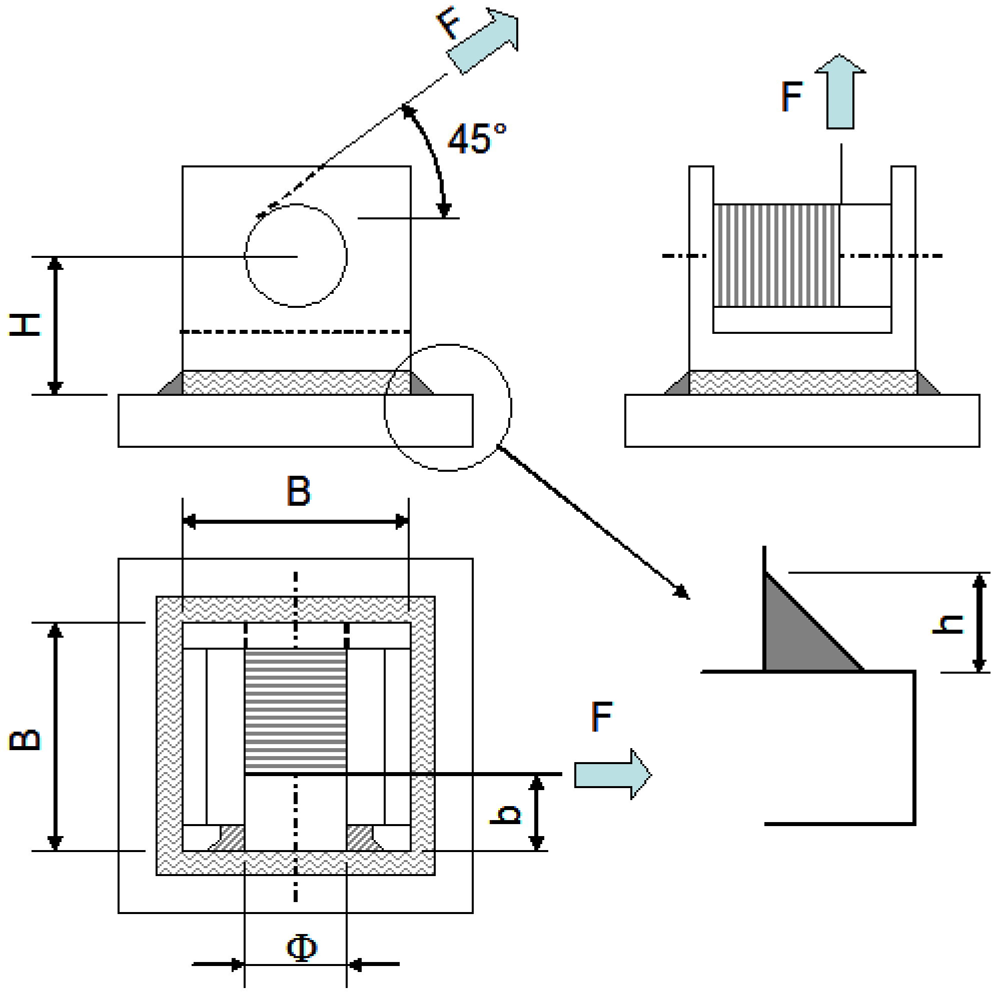


Fig. 2.1

Dati

$\Phi := 20 \cdot mm$ $\quad H := 35 \cdot mm$ $\quad B := 50 \cdot mm$ $\quad h := 5 \cdot mm$

$F := 12500 \cdot N$ $\quad b := 10 \cdot mm$

$\sigma_{ammb} := 160 \cdot MPa$ Tensione ammissibile materiale base

$f_1 := 0.7$ $\quad f_2 := 0.8$ Efficienze saldatura

Svolgimento

Si calcolano in primo luogo le caratteristiche della sezione resistente della saldatura, ribaltando la sezione di gola sul piano orizzontale.

Caratteristiche sezione

$a := \frac{h}{\sqrt{2}}$ $\qquad a = 3.536 \cdot mm$ $\qquad$ Altezza di gola

La sezione resistente ha la forma mostrata in Fig.2.2 e le seguenti proprietà geometriche, relative al SR mostrato nella stessa figura

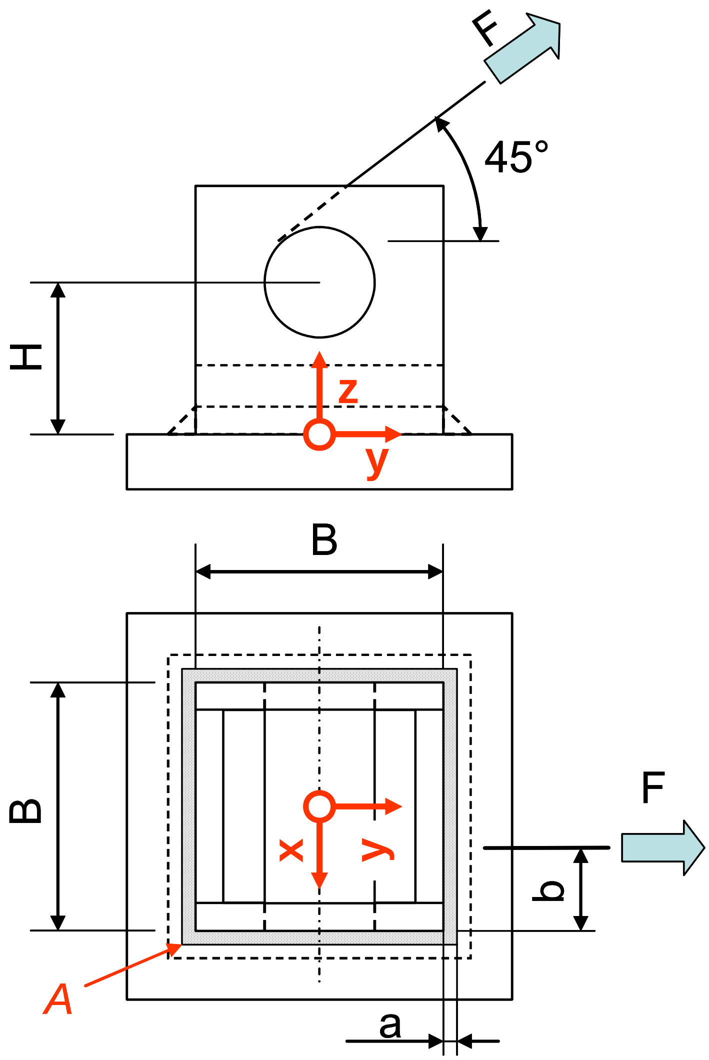


Fig. 2.2

$A := (B + 2a)^2 - B^2$ $\qquad A = 757.107 \cdot mm^2$

$J_x := \dfrac{(B + 2a)^4 - B^4}{12}$ $\qquad J_x = 3.632 \times 10^5 \cdot mm^4$

$J_y := J_x$

$\Omega := (B + a)^2$ $\qquad \Omega = 2.866 \times 10^3 \cdot mm^2$ $\qquad$ Area racchiusa dalla linea media

Forze e momenti agenti

Il giunto deve trasmettere le seguenti forze e momenti, espresse nel SR di Fig. 2.2.

$F_x := 0$ $\qquad F_y := F \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2}$ $\qquad F_z := F \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2}$

$M_x := -\left[F \cdot \left(\dfrac{H}{\sqrt{2}} + \dfrac{\Phi}{4}\right)\right]$ $\qquad M_x = -3.719 \times 10^5 \cdot N \cdot mm$

$M_y := -\dfrac{F}{\sqrt{2}} \cdot \left(\dfrac{B}{2} - b\right)$ $\qquad M_y = -1.326 \times 10^5 \cdot N \cdot mm$

$M_z := \dfrac{F}{\sqrt{2}} \cdot \left(\dfrac{B}{2} - b\right)$ $\qquad M_z = 1.326 \times 10^5 \cdot N \cdot mm$

Tensioni agenti

Le tensioni agenti, calcolate in base alle relazioni della teoria elementare delle travi e classificate secondo la nomenclatura tipica delle giunzioni saldate. Per motivi pratici, le σ ortogonali sono indicate come σ_{ort}, mentre le τ ortogonali e parallele sono indicate rispettivamente come τ_{ort} e τ_{par}.La verifica viene condotta nel punto "A" di Fig. 2.2, nel quale sono massime le tensioni dovute ad M_x ed ad M_y

Tensioni dovute ad F_y

Le tensioni dovute ad F_y (taglio) hanno il loro massimo in corrispondenza dell'asse neutro della flessione dovuta ad M_x. Per semplicità, esse vengono calcolate come valore medio sui tratti di cordone paralleli all'asse "Y" e combinate con le altre tensioni calcolate nel punto "A"

$\tau_{pary} := \dfrac{F_y}{2 \cdot (B \cdot a)}$ $\qquad \tau_{pary} = 25 \cdot MPa$

Se si vuole calcolare il massimo vero secondo Jourawsky si ha:

$S_x := \left(\dfrac{B}{2} + a\right) \cdot (B + 2 \cdot a) \cdot \left(\dfrac{B}{2} + a\right) \cdot \dfrac{1}{2} - \dfrac{B}{2} \cdot B \cdot \dfrac{B}{4}$ $\qquad S_x = 7.611 \times 10^3 \cdot mm^3$

$\tau_{max} := \dfrac{F_y \cdot S_x}{J_x \cdot 2 \cdot a}$ $\qquad \tau_{max} = 26.192 \cdot MPa$

Si può notare come tale massimo non sia molto diverso dal valore stimato in modo semplificato

Tensioni dovute ad F_z

$$\sigma_{ortz} := \frac{F_z}{A} \qquad \sigma_{ortz} = 11.674 \cdot MPa$$

Tensioni dovute ad M_x

$$\sigma_{ortx} := \frac{M_x}{J_x} \cdot \frac{-(B + 2a)}{2} \qquad \sigma_{ortx} = 29.214 \cdot MPa$$

Tensioni dovute ad M_y

$$\sigma_{orty} := -\frac{M_y}{J_y} \cdot \frac{B + 2a}{2} \qquad \sigma_{orty} = 10.416 \cdot MPa$$

Tensioni dovute ad M_z

$$\tau_{parz} := \frac{M_z}{2 \cdot \Omega \cdot a} \qquad \tau_{parz} = 6.542 \cdot MPa$$

Verifica

La verifica viene condotta con il metodo della sfera mozza

1a verifica

$$\sqrt{\left(\sigma_{ortx} + \sigma_{orty} + \sigma_{ortz}\right)^2 + \left(\tau_{parz} + \tau_{pary}\right)^2} \le f_1 \cdot \sigma_{ammb}$$

$$\sqrt{\left(\sigma_{ortx} + \sigma_{ortz} + \sigma_{orty}\right)^2 + \left(\tau_{parz} + \tau_{pary}\right)^2} = 60.224 \cdot MPa \quad < \quad f_1 \cdot \sigma_{ammb} = 112 \cdot MPa$$

Verifica = "OK"

2a verifica

$$\sigma_{ortx} + \sigma_{ortz} + \sigma_{orty} \le f_2 \cdot \sigma_{ammb}$$

$$\left|\sigma_{ortx} + \sigma_{ortz} + \sigma_{orty}\right| = 51.304 \cdot MPa < \quad f_2 \cdot \sigma_{ammb} = 128 \cdot MPa$$

Verifica = "OK"

Esercizio 3

Il provino mostrato nella Fig.3.1 è sottoposto all'estremità al moto di un eccentrico regolabile. Determinare il valore da dare all'eccentricità affinchè la durata attesa della prova sia di 10^6 cicli. L'eccentrico viene portato in contatto con la trave nella posizione di minima sporgenza mostrata nella Fig. 3.1

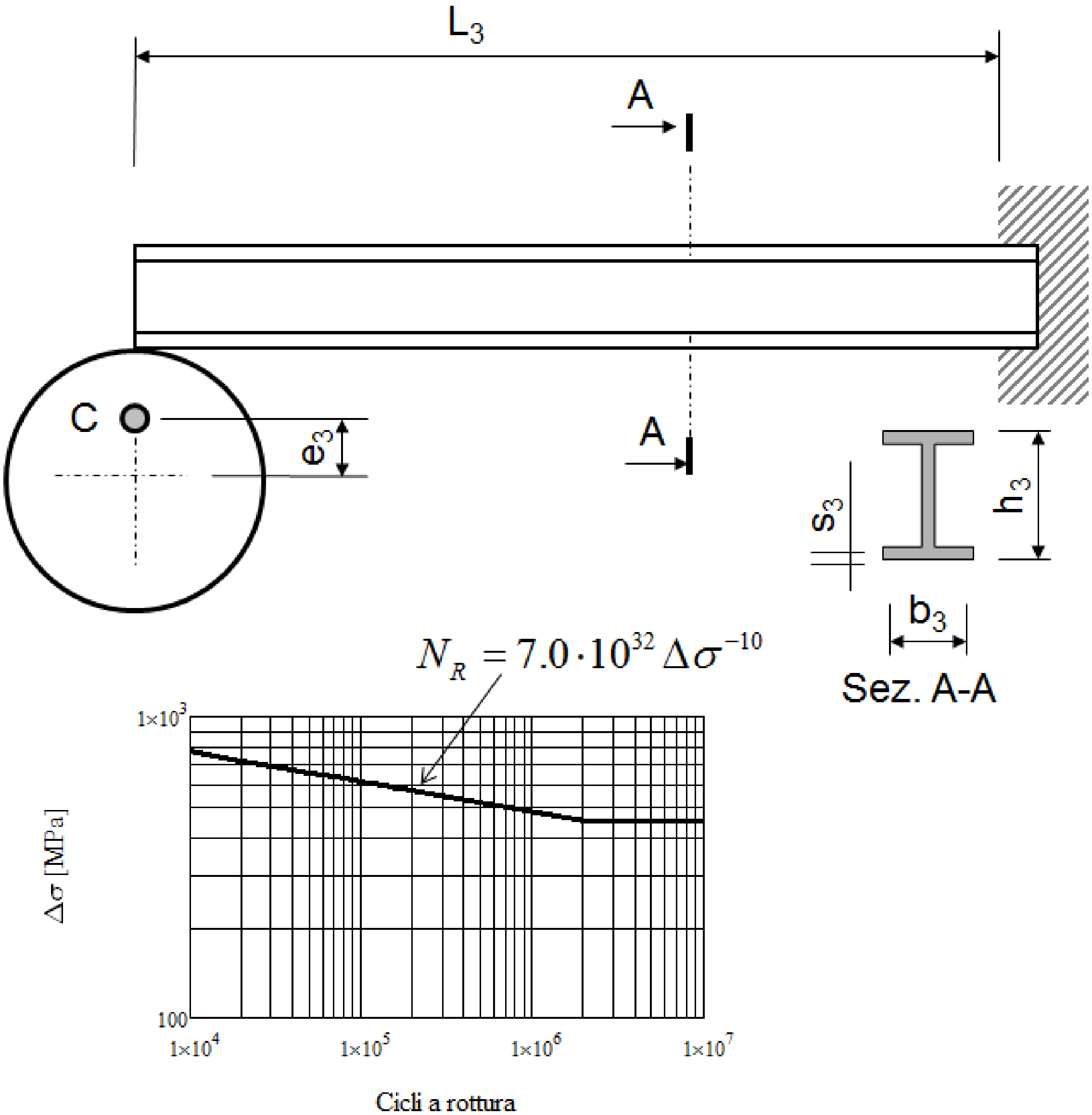


Fig. 3.1

$L_3 := 500 \cdot mm$ $E_3 := 210000 \cdot MPa$ $h_3 := 50 \cdot mm$ $b_3 := 30 \cdot mm$

$s_3 := 5 \cdot mm$ $N_{R1} := 10^6$ $\sigma_{s3} := 450 \cdot MPa$ tensione snervamento

Caratteristiche sezione

$$J_x := \frac{\left[b_3 \cdot h_3^{\,3} - (b_3 - s_3)\cdot(h_3 - 2\cdot s_3)^3\right]}{12} = 1.792 \times 10^5 \cdot mm^4$$

Calcolo valori di Δσ per le durate richieste

$$\Delta\sigma_{e1} := \left(\frac{N_{R1}}{7\cdot 10^{32}}\right)^{-\frac{1}{10}} \cdot MPa = 483.626 \cdot MPa$$

Δσ corretta per la tensione media

$$\Delta\sigma_1 := \Delta\sigma_{e1} \cdot \frac{\sigma_{s3}}{\sigma_{s3} + \frac{\Delta\sigma_{e1}}{2}} = 314.582 \cdot MPa$$

Δσ non corretta per la tensione media

Calcolo spostamento richiesto all'estremità

$$M_{x1} := \frac{\Delta\sigma_1 \cdot J_x}{\frac{h_3}{2}} = 2.255 \times 10^3 \cdot N \cdot m$$

Momento richiesto per produrre Δσ

$$P_1 := \frac{M_{x1}}{L_3} = 4.509 \times 10^3 N$$

Carico richiesto per produrre il momento

$$\delta_1 := \frac{P_1 \cdot L_3^{\,3}}{3 \cdot E_3 \cdot J_x} = 4.993 \cdot mm$$

Spostamento richiesto per produrre il carico

$$e_1 := \frac{\delta_1}{2} = 2.497 \cdot mm$$

Eccentricità richiesta per produrre lo spostamento