

®

TRAINING

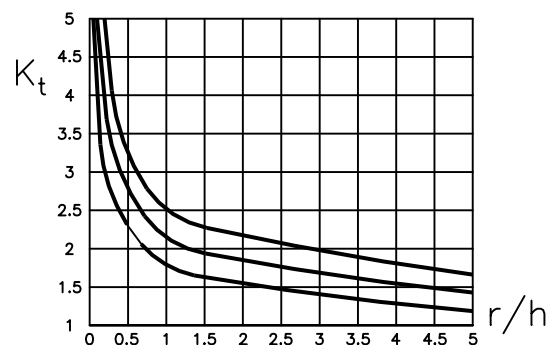
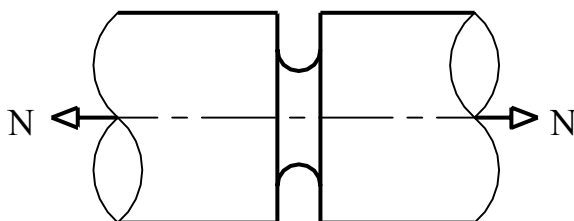
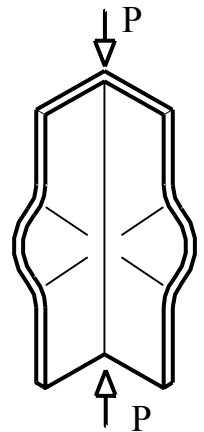
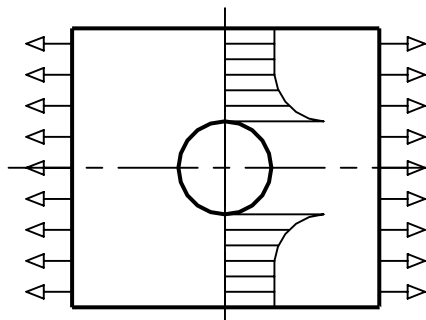
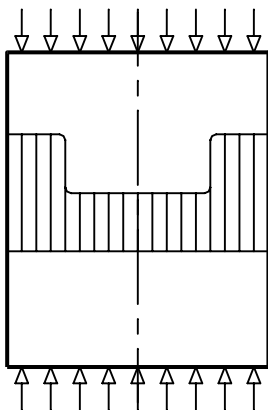
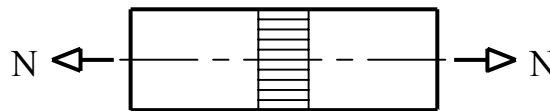
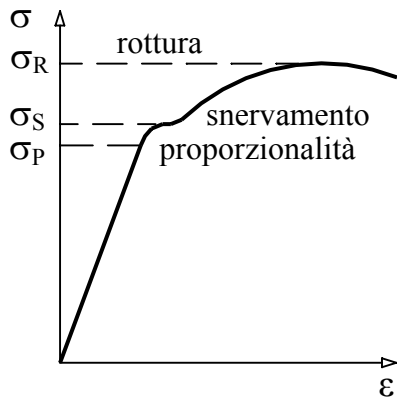
SERVIZIO SINTETICO DI FORMAZIONE E AGGIORNAMENTO MENSILE
DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA PER GLI UFFICI TECNICI

DIRITTI RISERVATI

TRAINING è un marchio registrato della NOEMA SOLID

N° 1 GENNAIO 2000

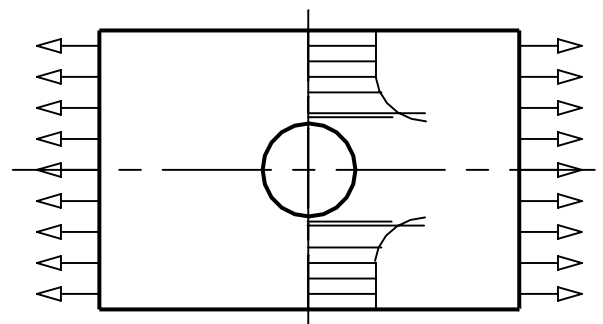
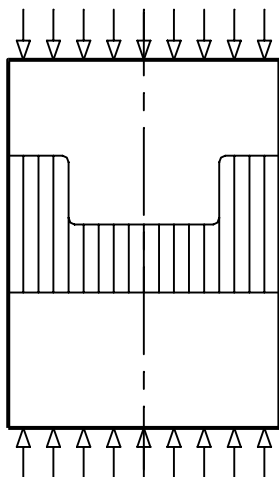
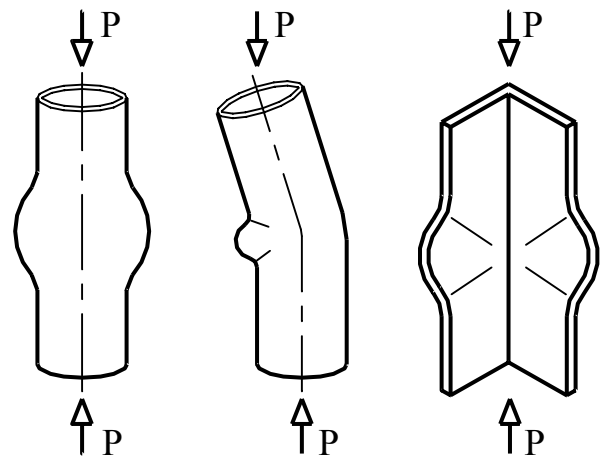
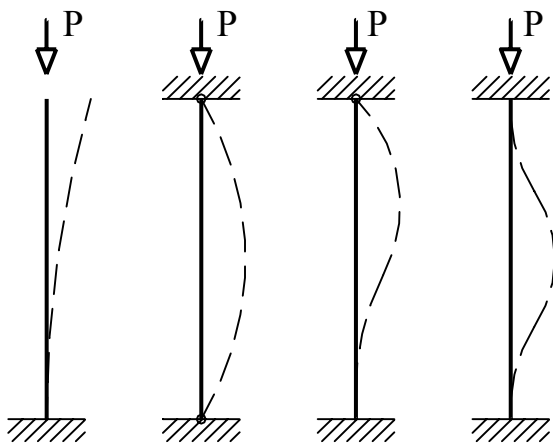
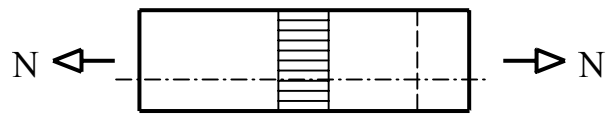
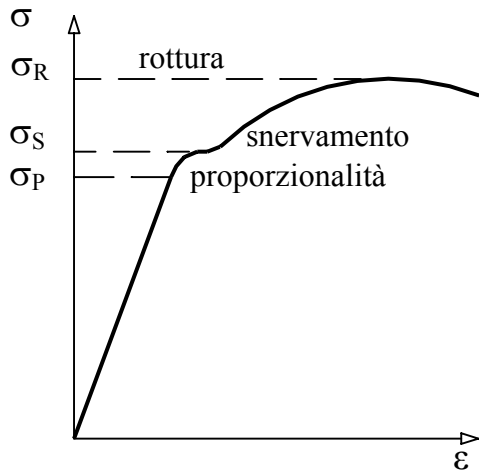
SFORZO NORMALE



SFORZO NORMALE

INDICE

BIBLIOGRAFIA



SFORZO NORMALE

INDICE

INGLESE TECNICO

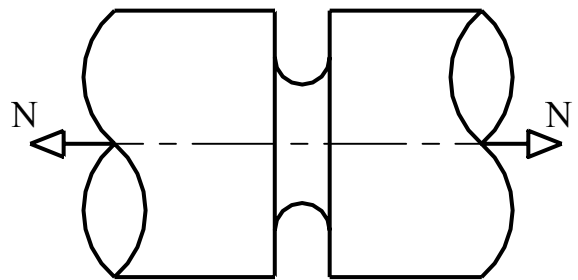
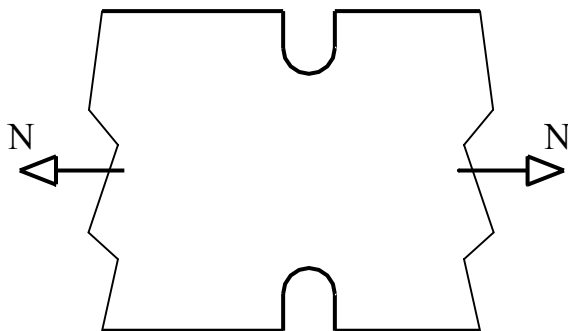
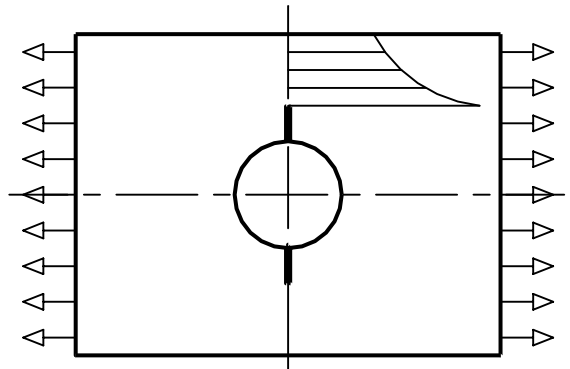
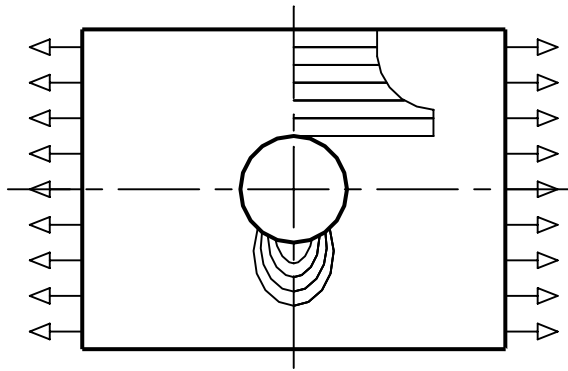
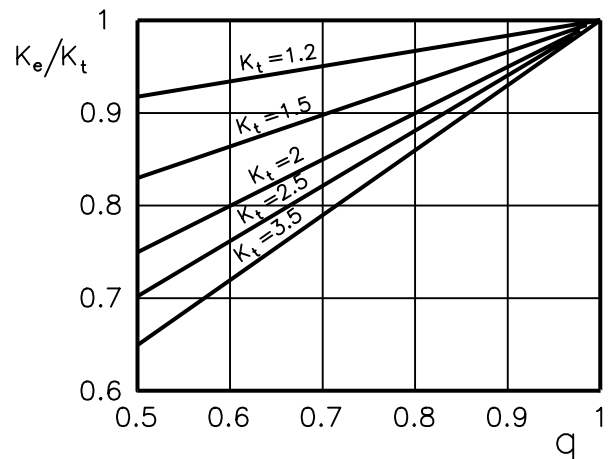
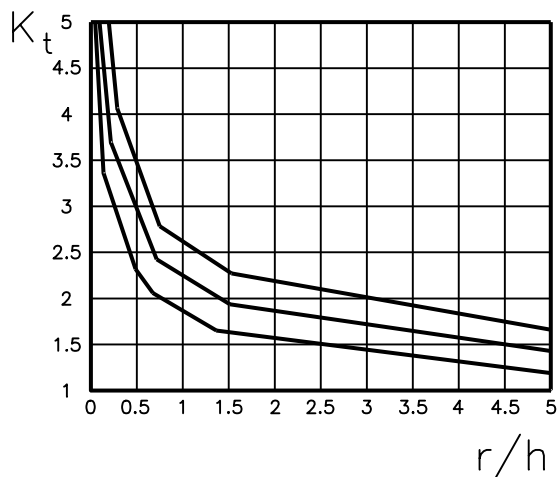
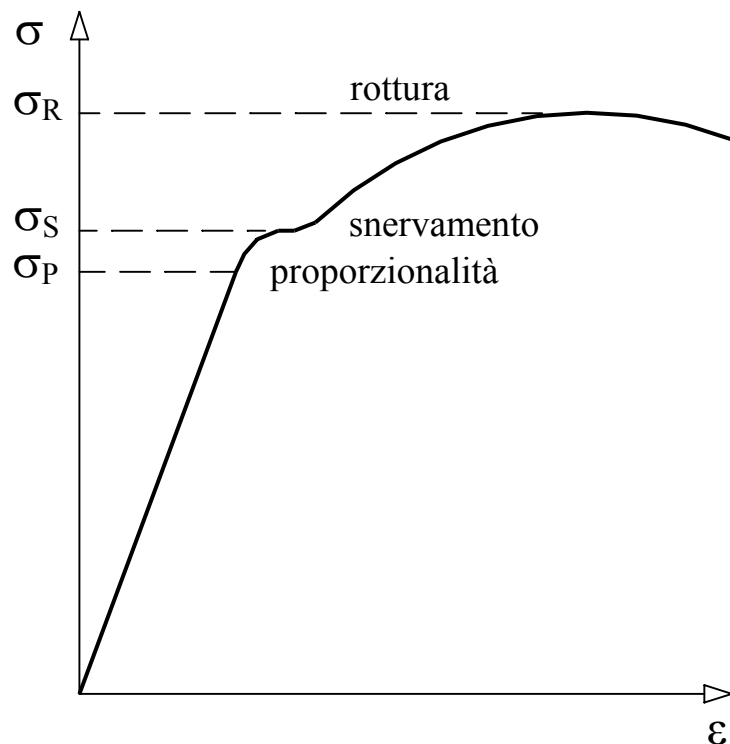
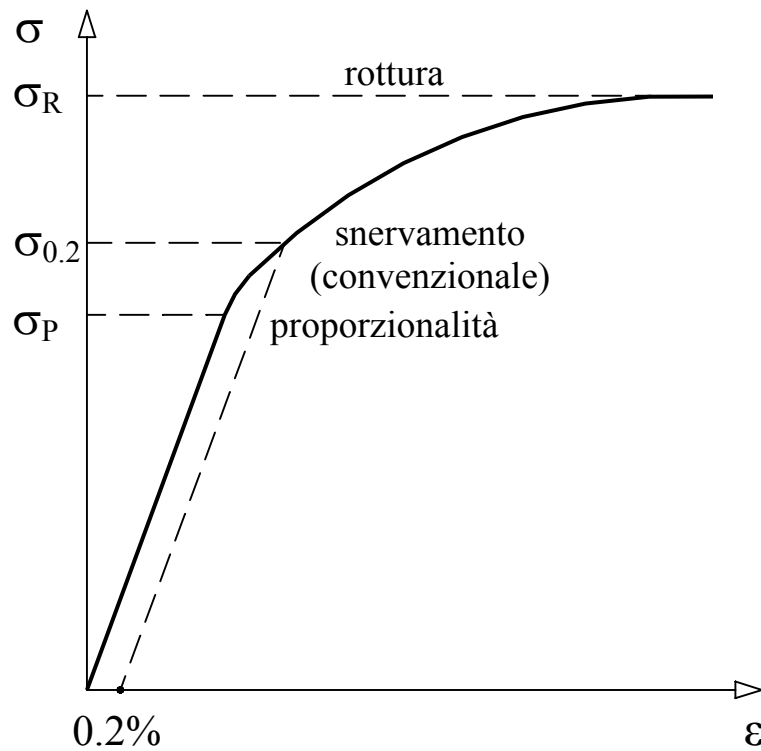
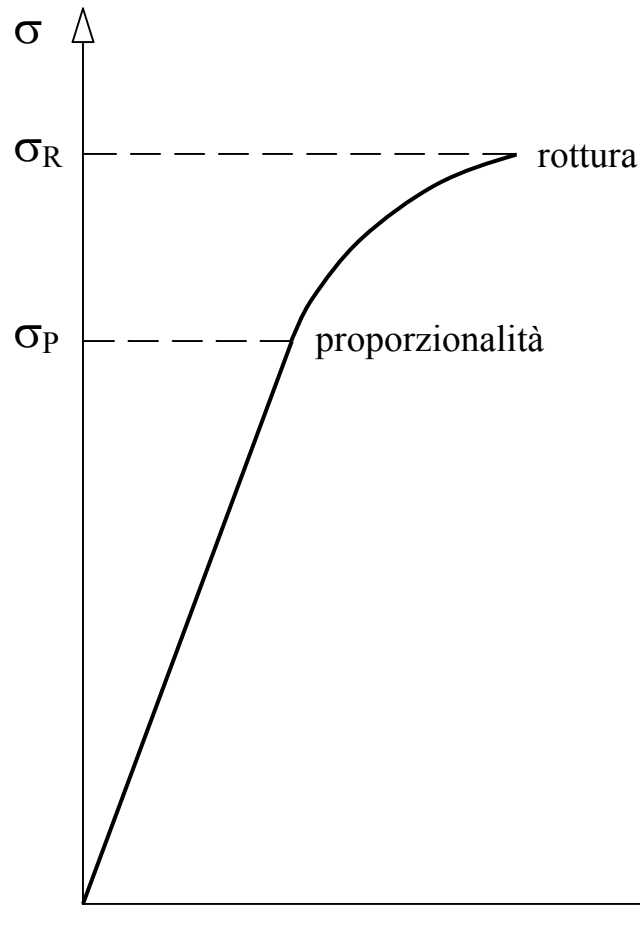


TAVOLA DI LEONARDO DA VINCI





La tensione ammissibile è una frazione della tensione di snervamento.



Il materiale arriva a rottura senza presentare snervamento e con piccole deformazioni.

La tensione ammissibile è una frazione della tensione di rottura.

Data la sua importanza, il coefficiente di sicurezza sarà analizzato in modo approfondito in un prossimo numero. Per il momento facciamo alcune considerazioni essenziali.

$$\sigma_{am} = \frac{\sigma_S}{n_S} \qquad \sigma_{am} = \frac{\sigma_R}{n_R}$$

\ \ \ \ \ /
coeff. di sicurezza

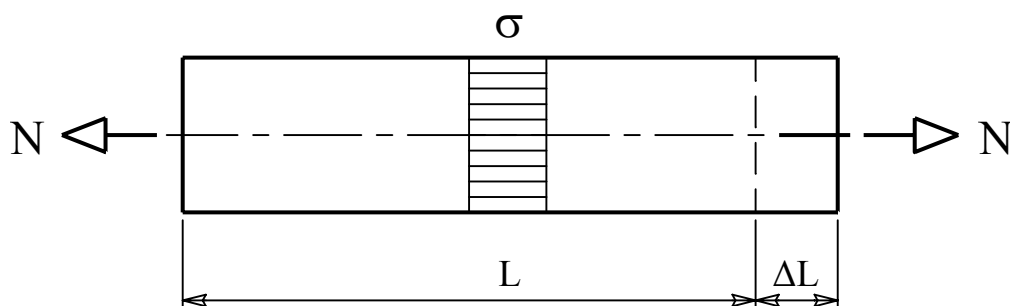
Fattori che influenzano il coefficiente n.

- 1) Il grado di incertezza sulle caratteristiche del materiale.
- 2) Il grado di incertezza sui carichi (valore e posizione).
- 3) Effetti delle concentrazioni di tensione.
- 4) Gravità della eventuale rottura.
- 5) Costo della eventuale riparazione (diretto e indiretto).
- 6) Attacchi strutturali concentrati.
- 7) Strutture per le quali il peso è secondario.
- 8) Strutture per le quali il peso è fondamentale (aerei).
- 9) Strutture a vita breve, programmata (serbatoi dei razzi di lancio).

Valori indicativi possono essere i seguenti:

$$n_S = 1.5 \div 2$$

$$n_R = 2.5 \div 3.5$$



tensione

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad \frac{\Delta L}{L} = \varepsilon$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = E \frac{\Delta L}{L}$$

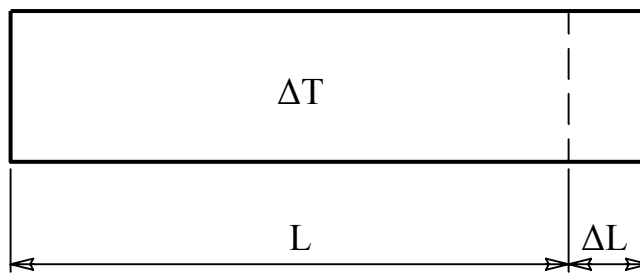
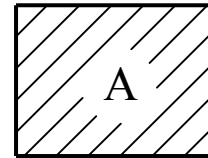
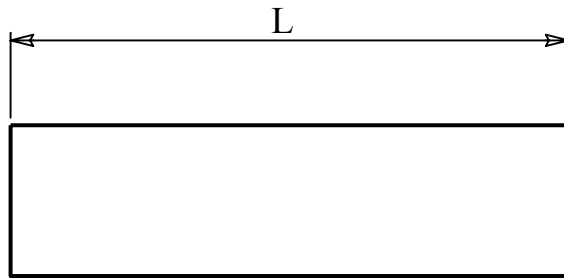
$$\Delta L = \frac{N L}{E A} \quad \text{deformazione}$$

N = sforzo normale

ΔL = allungamento

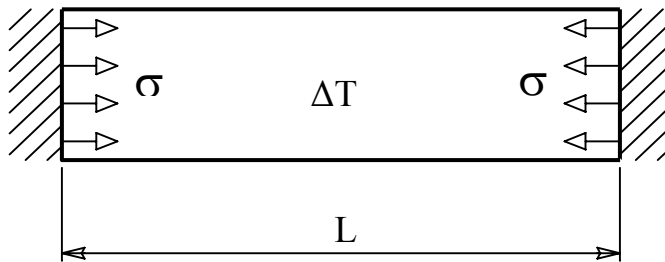
L = lunghezza iniziale

E = modulo di elasticità longitudinale



$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

dilatazione consentita



$$\sigma = E \alpha \Delta T$$

$$N = A E \alpha \Delta T$$

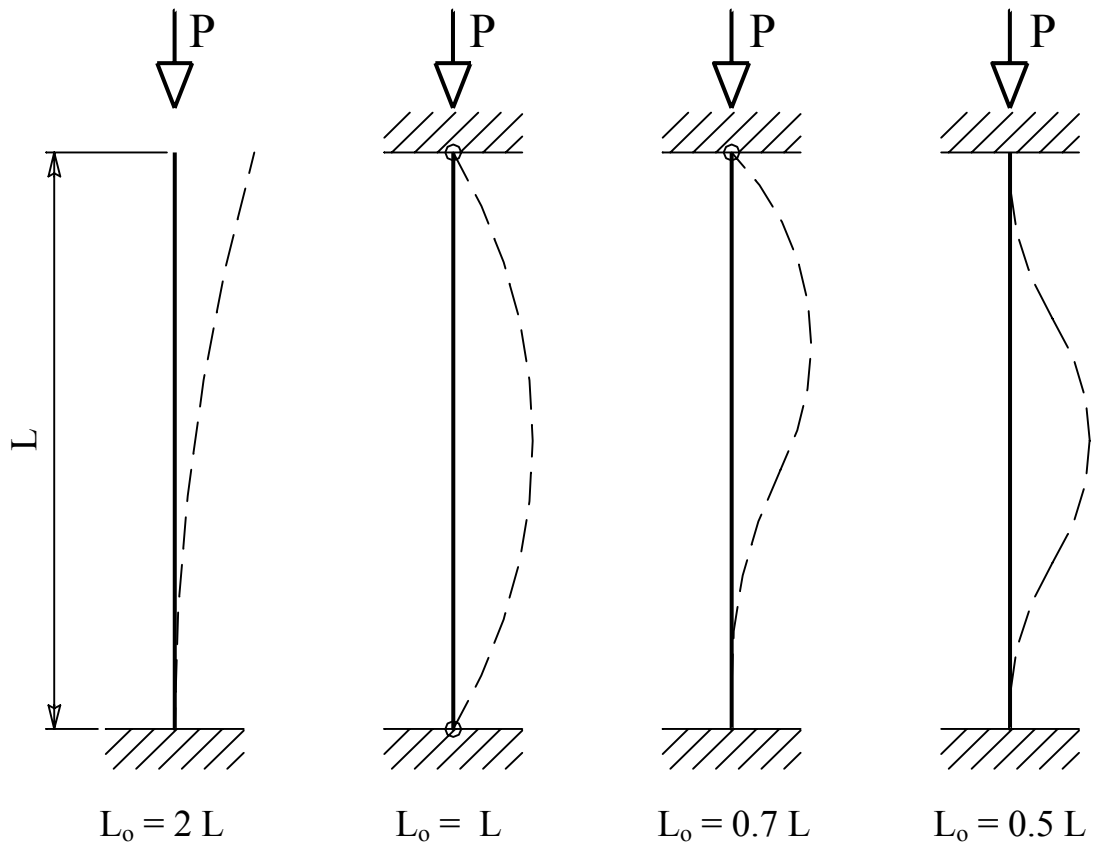
dilatazione impedita

$$\alpha_{\text{acciaio}} = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

coeff. di dilatazione

$$\alpha_{\text{leghe alluminio}} = 24 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

ΔT = variazione di temperatura



$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E J_{MIN}}{L_o^2}$$

carico critico

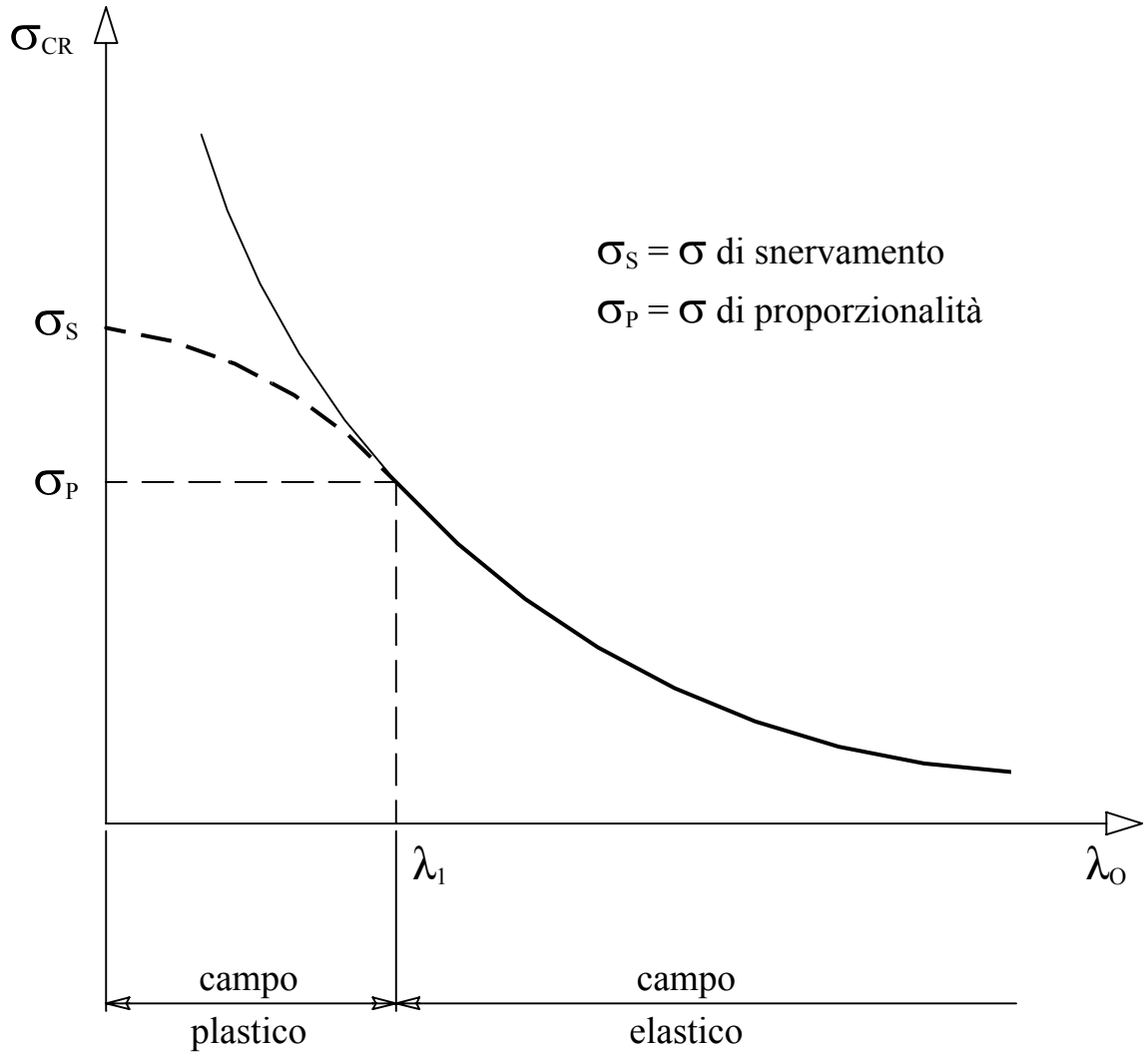
$$\lambda_o = \frac{L_o}{\rho_{MIN}}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_o^2}$$

tensione critica

ρ = raggio d'inerzia della sezione

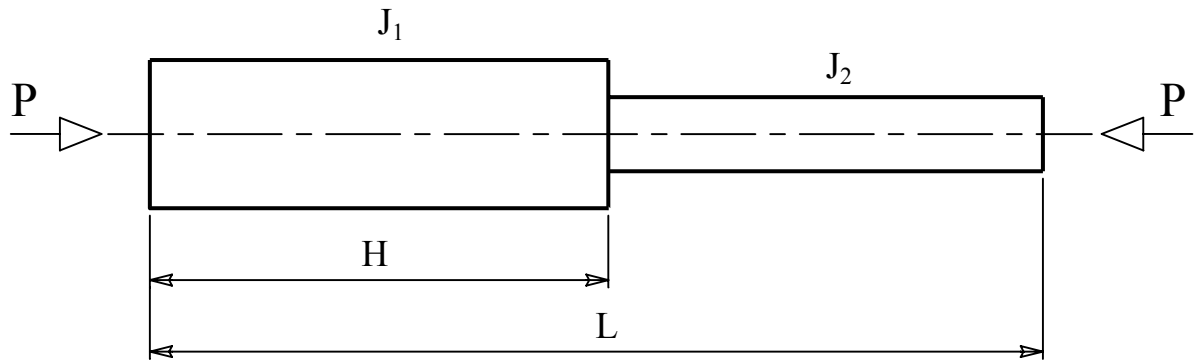
P_{am} e σ_{am} si ricavano dividendo i valori critici per un opportuno coeff. di sicurezza.



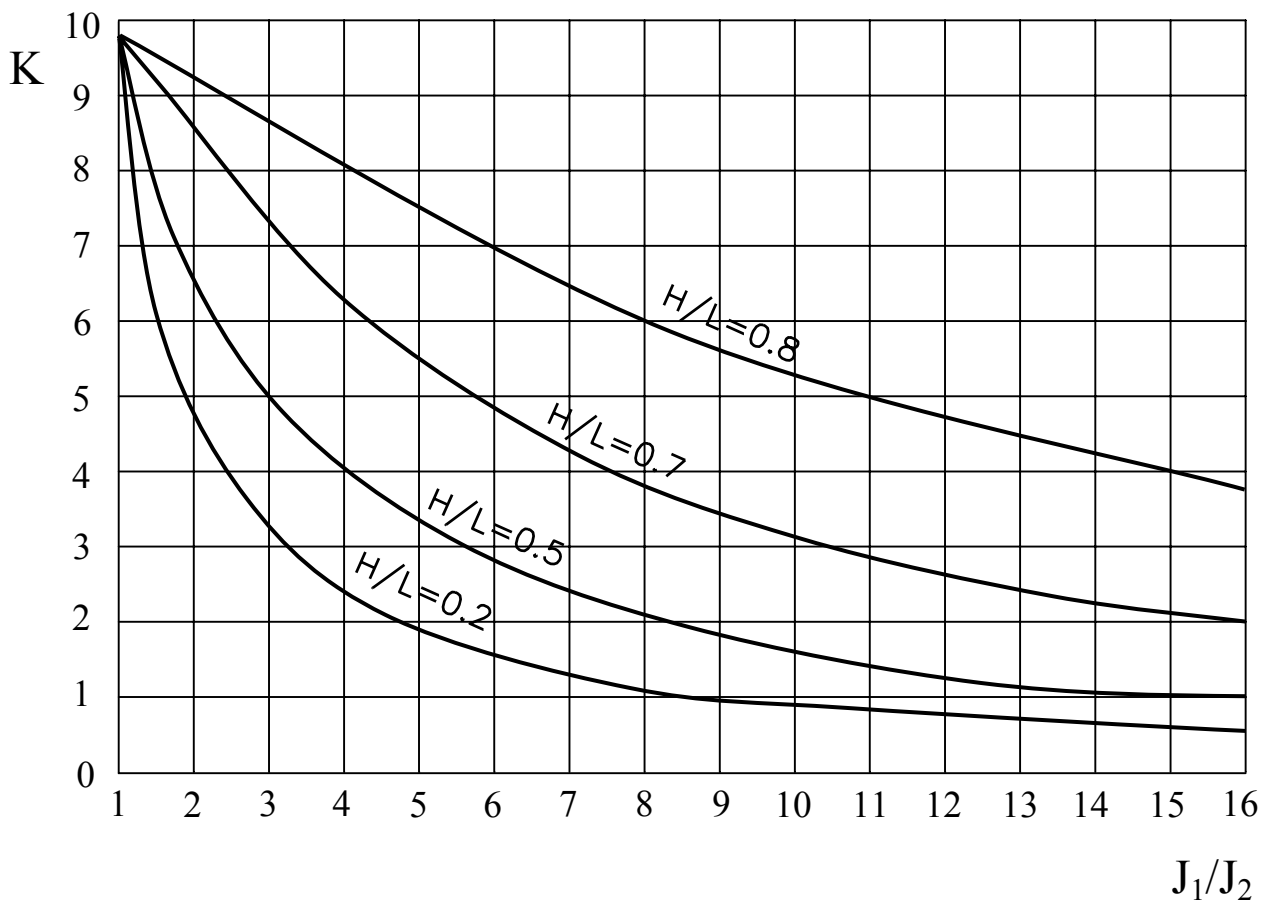
$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_P}}$$

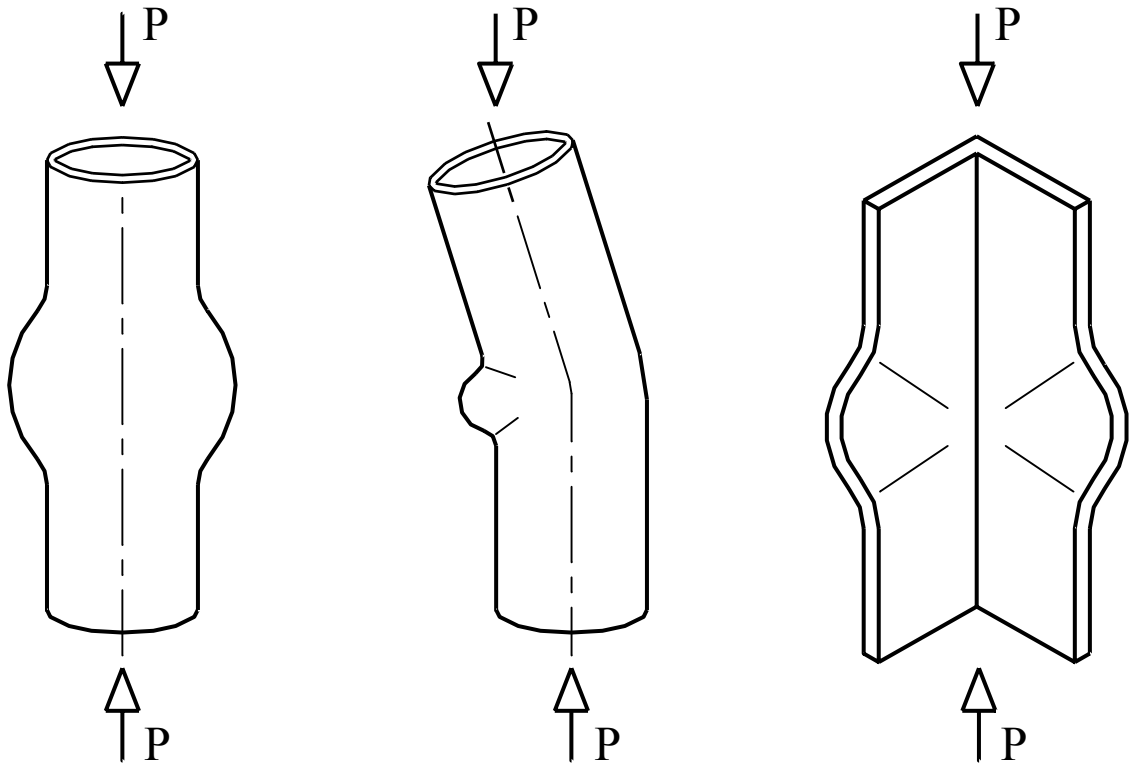
$\lambda_1 \approx 60$ leghe di alluminio

$\lambda_1 \approx 90$ acciai



$$P_{CR} = \frac{K E J_1}{L^2}$$





$$\sigma_{CR} = \frac{\sigma_s}{1 + K C \frac{\sigma_s}{E}}$$

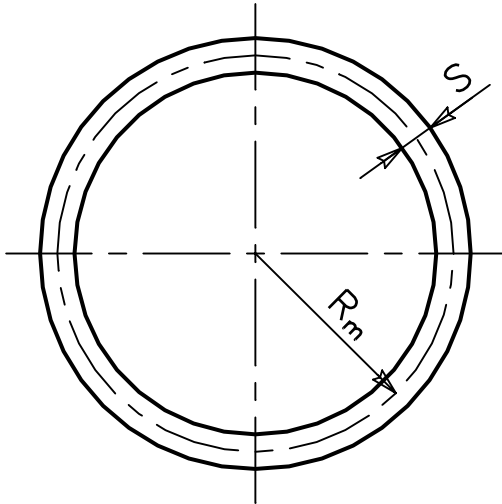
tensione critica

Nella formula non compare la lunghezza perché è un fenomeno locale.

$K = 8,5$	sezioni aperte
$K = 3$	sezioni chiuse

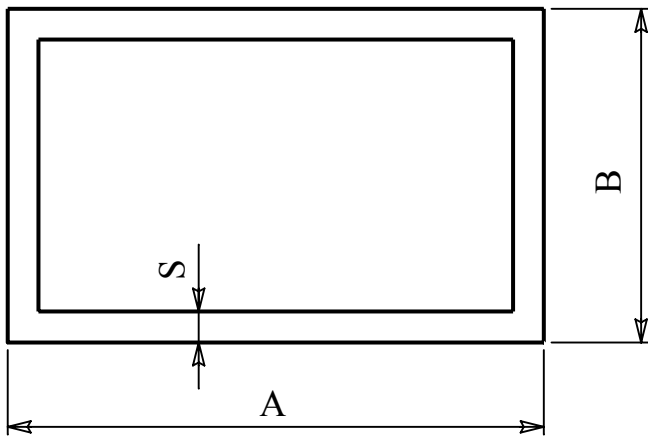
$C =$ indice di spessore

SEZIONI CHIUSE



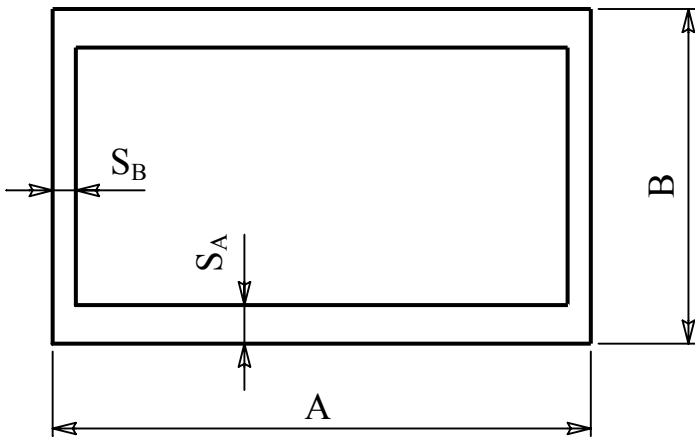
$$C = \frac{R_m}{S}$$

$$\sigma_{CR} = \frac{\sigma_s}{1 + 3 C \frac{\sigma_s}{E}}$$



$$C = \frac{A}{S}$$

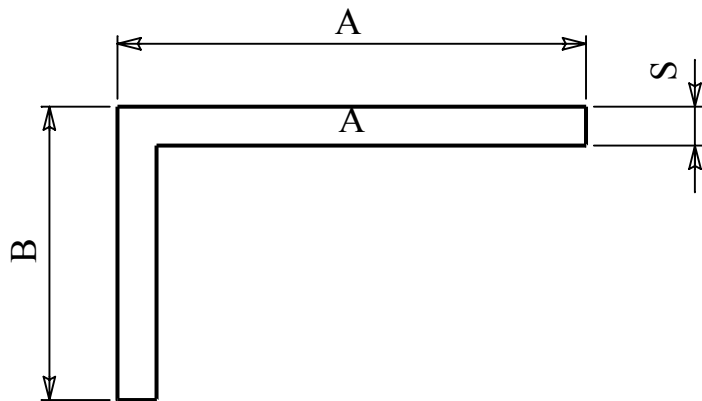
$$\sigma_{CR} = \frac{\sigma_s}{1 + 3 C \frac{\sigma_s}{E}}$$



$C = \frac{B}{S_B}$	Il valore maggiore dei due
$C = \frac{A}{S_A}$	

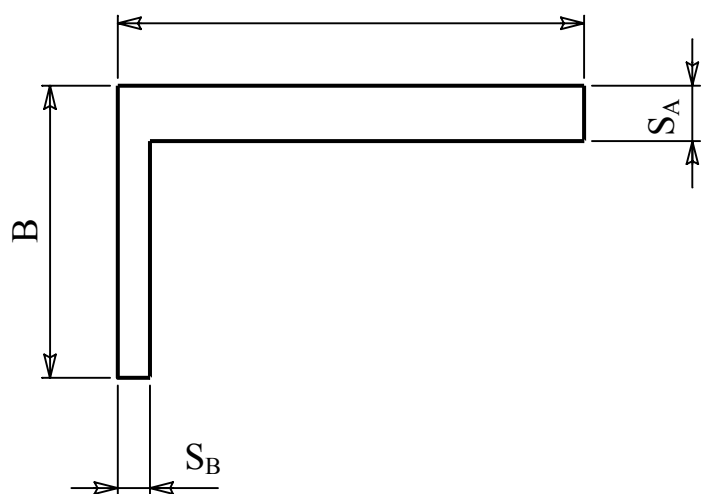
$$\sigma_{CR} = \frac{\sigma_s}{1 + 3 C \frac{\sigma_s}{E}}$$

SEZIONI APERTE



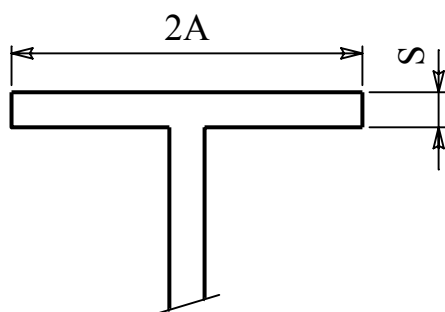
$$C = \frac{A}{S}$$

$$\sigma_{CR} = \frac{\sigma_s}{1 + 8.5 C \frac{\sigma_s}{E}}$$



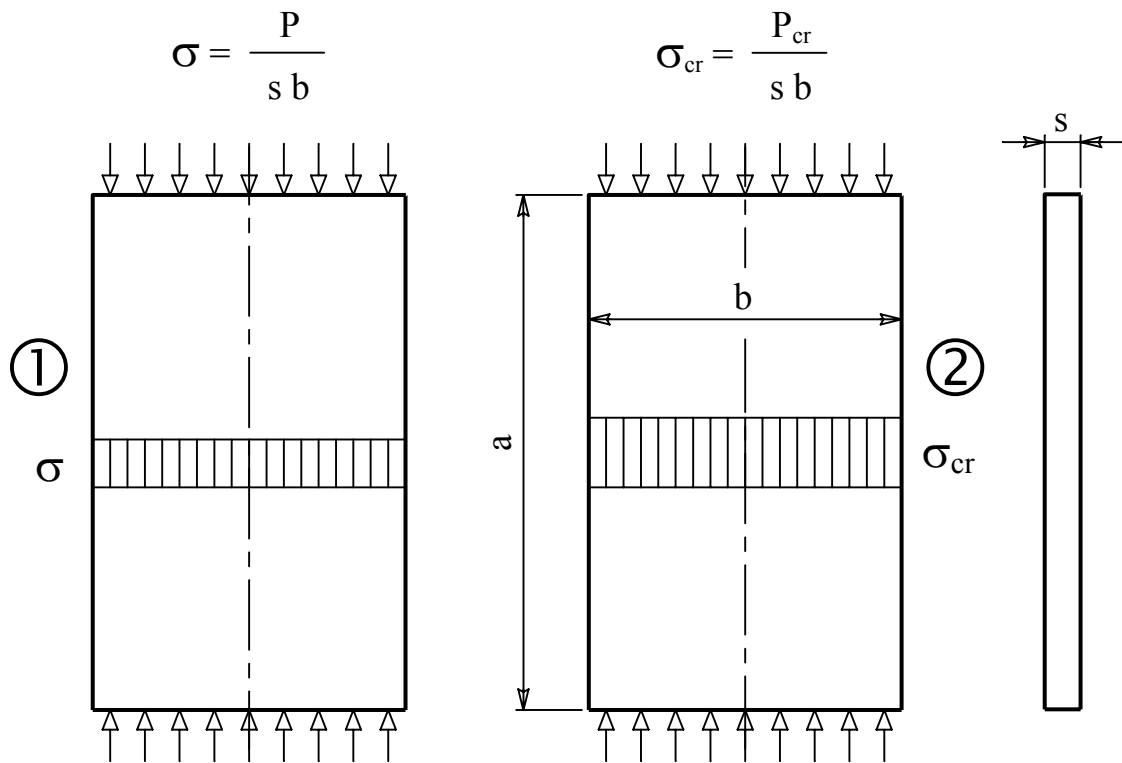
$C = \frac{B}{S_B}$	Il valore maggiore dei due
$C = \frac{A}{S_A}$	

$$\sigma_{CR} = \frac{\sigma_s}{1 + 8.5 C \frac{\sigma_s}{E}}$$



leghe di alluminio $\frac{A}{S} \approx 15 \text{ max}$

Acciai $\frac{A}{S} \approx 30 \text{ max}$



- ① La tensione è inferiore a quella critica e il pannello resta piano.
- ② La tensione è uguale a quella critica. Oltre σ_{cr} il pannello non riesce a restare piano e si ingobba.

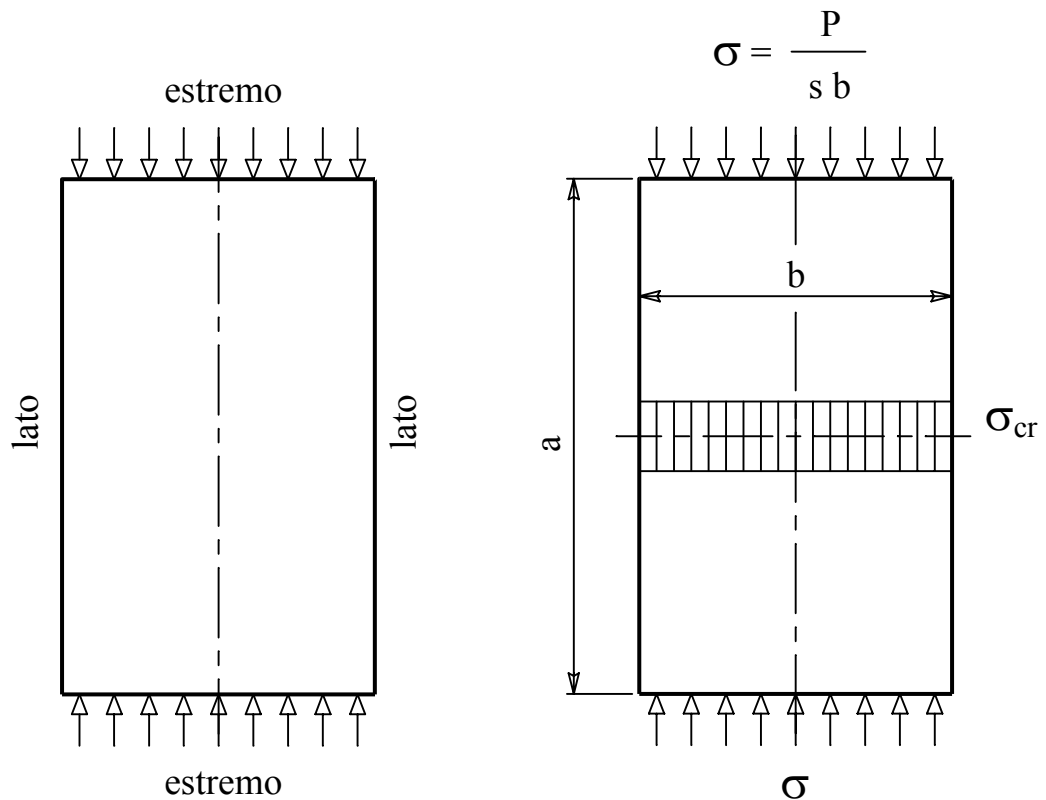
materiale

$$\sigma_{cr} = K E \left(\frac{s}{b} \right)^2$$

tensione critica

vincoli

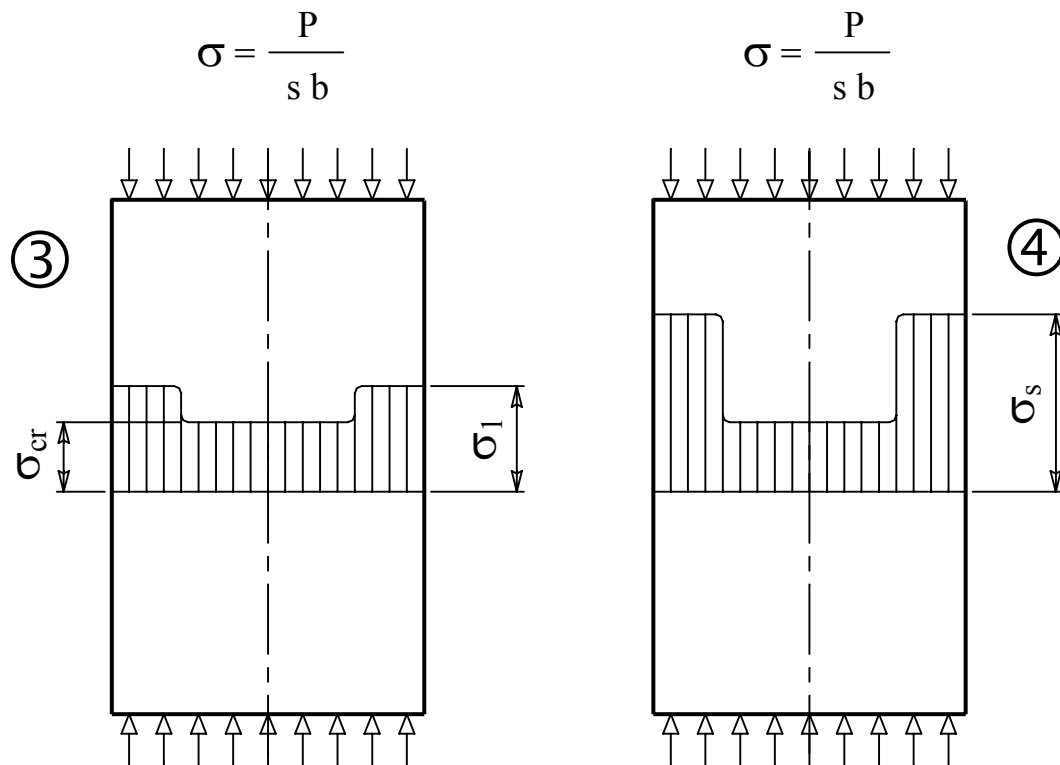
geometria



Il valore di K dipende dai vincoli.

$$\sigma_{cr} = K E \left(\frac{s}{b} \right)^2$$

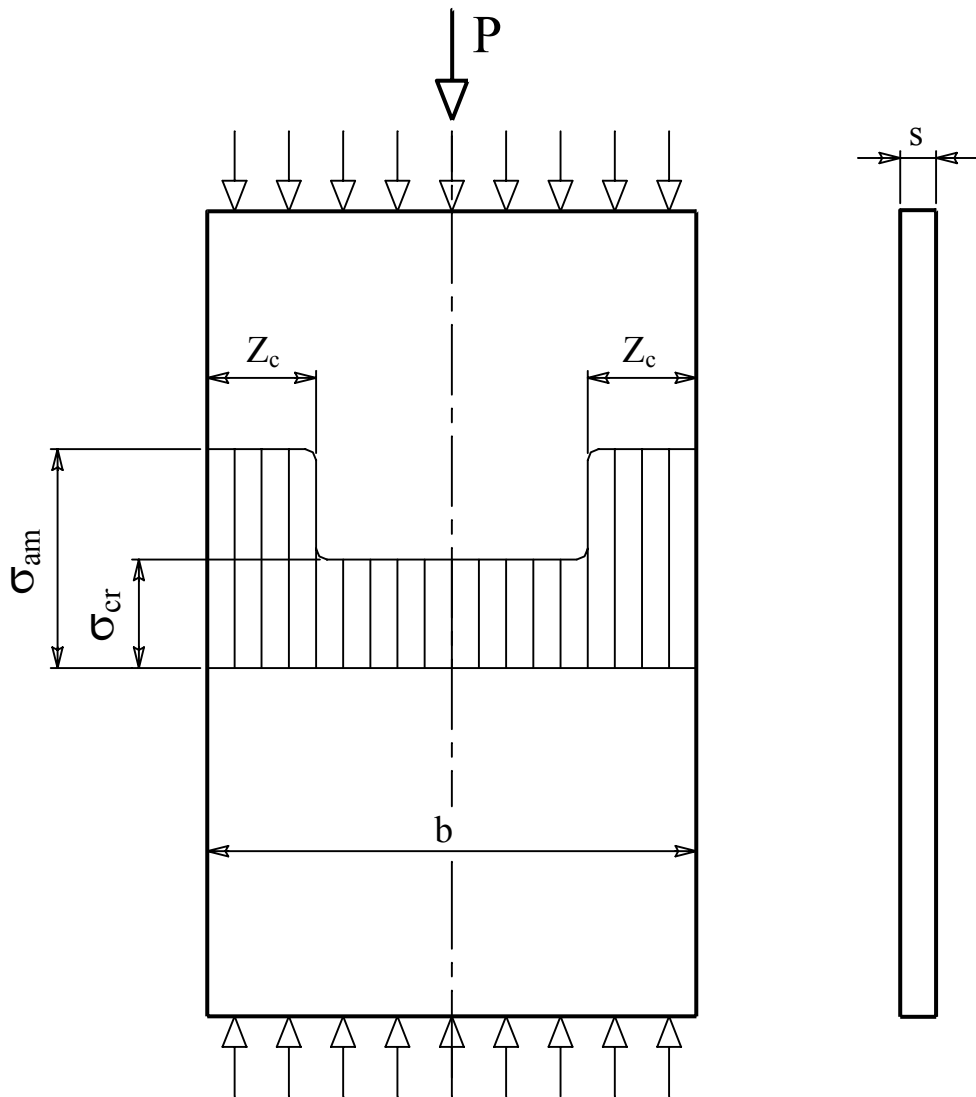
VINCOLI	K
Estremi appoggiati, lati liberi	0.22
Estremi appoggiati, lati appoggiati	3.6
Estremi incastrati, lati appoggiati	4.4
Estremi incastrati, lati incastrati	7.2



- ③ La tensione è superiore a quella critica, il pannello si ingobba nella parte centrale, e si sottrae ad ulteriori aumenti di tensione.

La zona vicina ai due lati vincolati (zona collaborante) non può ingobbarsi, e può sopportare quindi tensioni σ_1 maggiori di σ_{cr} .

- ④ La tensione σ_1 può arrivare fino a σ_s .

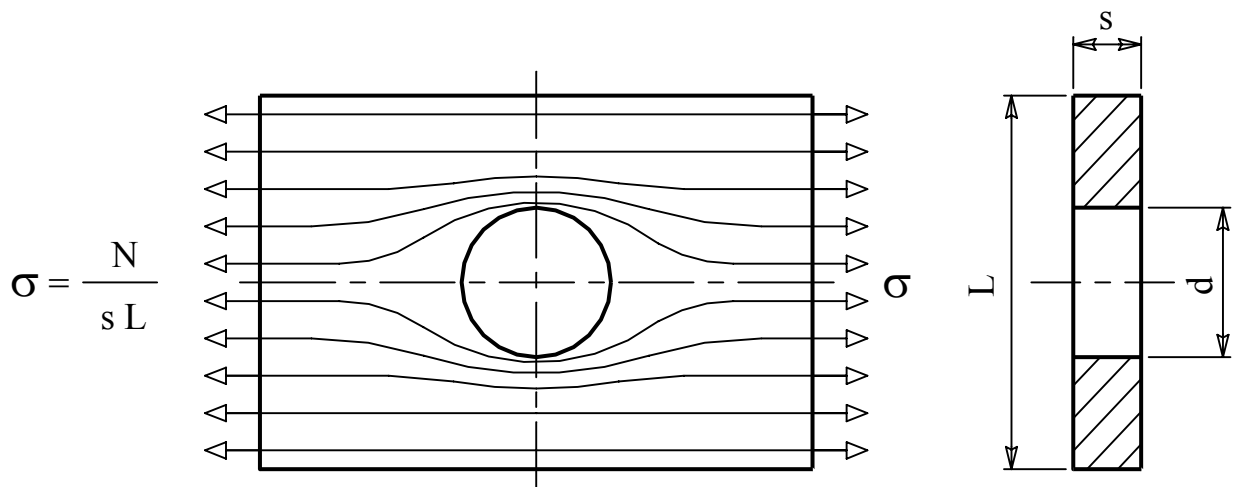


$$P_{am} = \sigma_{cr} (b - 2Z_c) s + \sigma_{am} 2Z_c s$$

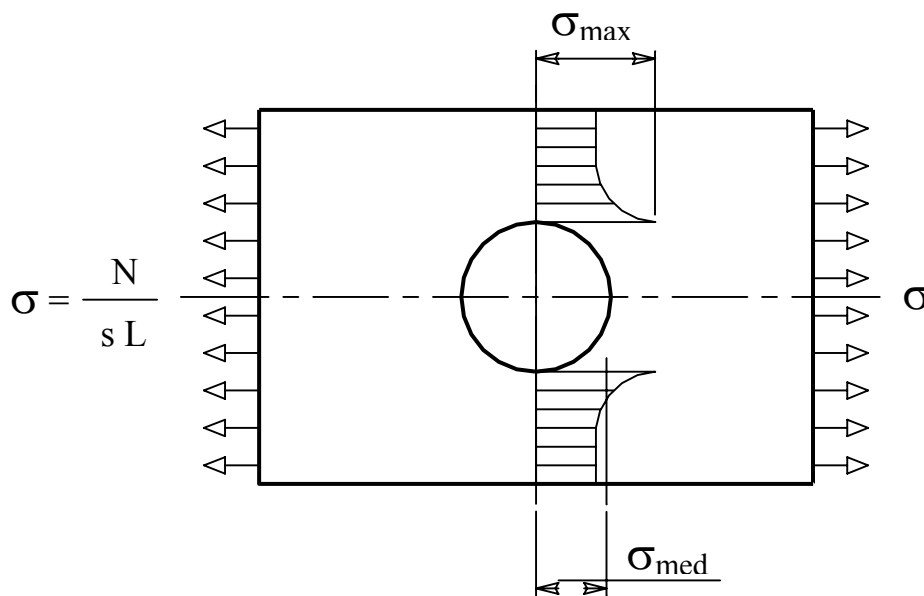
$$Z_c = \frac{\sqrt{K}}{2} \sqrt{\frac{E}{\sigma_s}} s$$

zona collaborante

Leghe di alluminio $Z_c \approx 15 s$
Acciai $Z_c \approx 30 s$



Le linee di tensione si addensano ai bordi del foro.



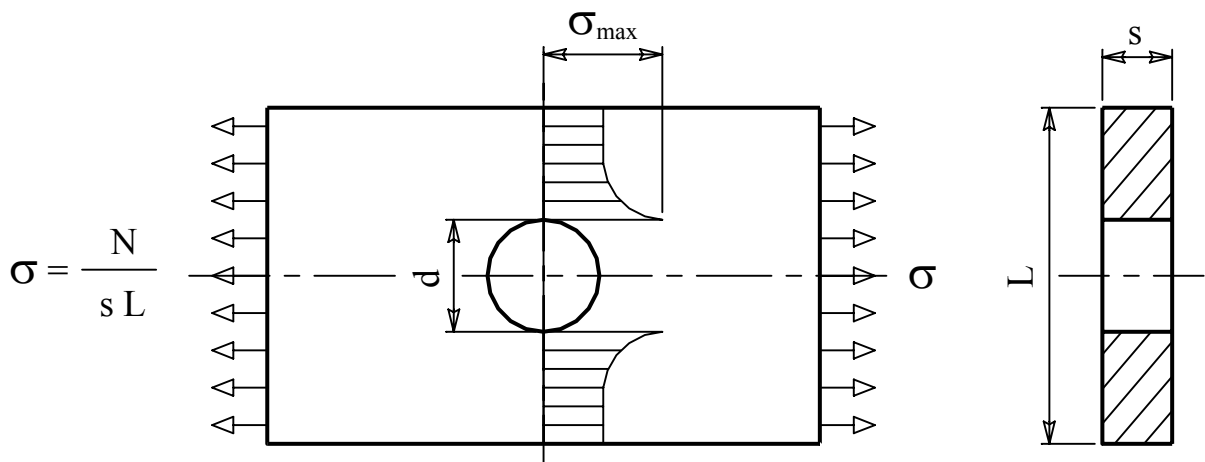
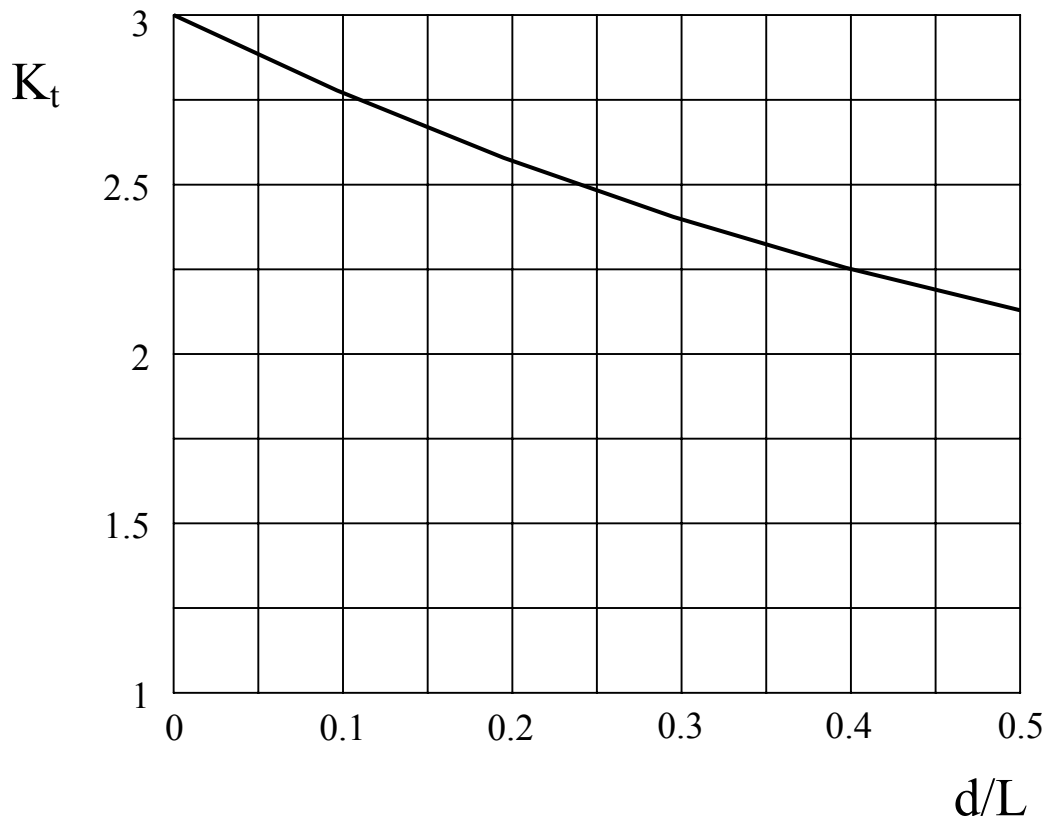
Ai bordi del foro il valore della tensione locale è molto più grande di σ_{med} e dipende dalla geometria.

$$\sigma_{max} = K_t \frac{N}{s(L-d)}$$

tensione massima

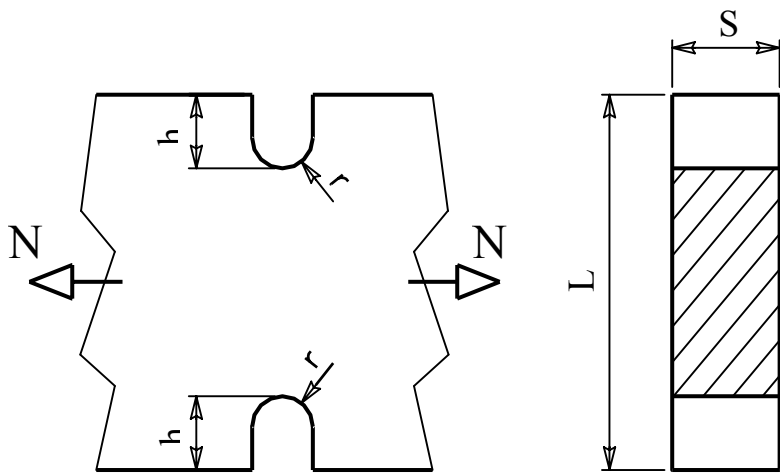
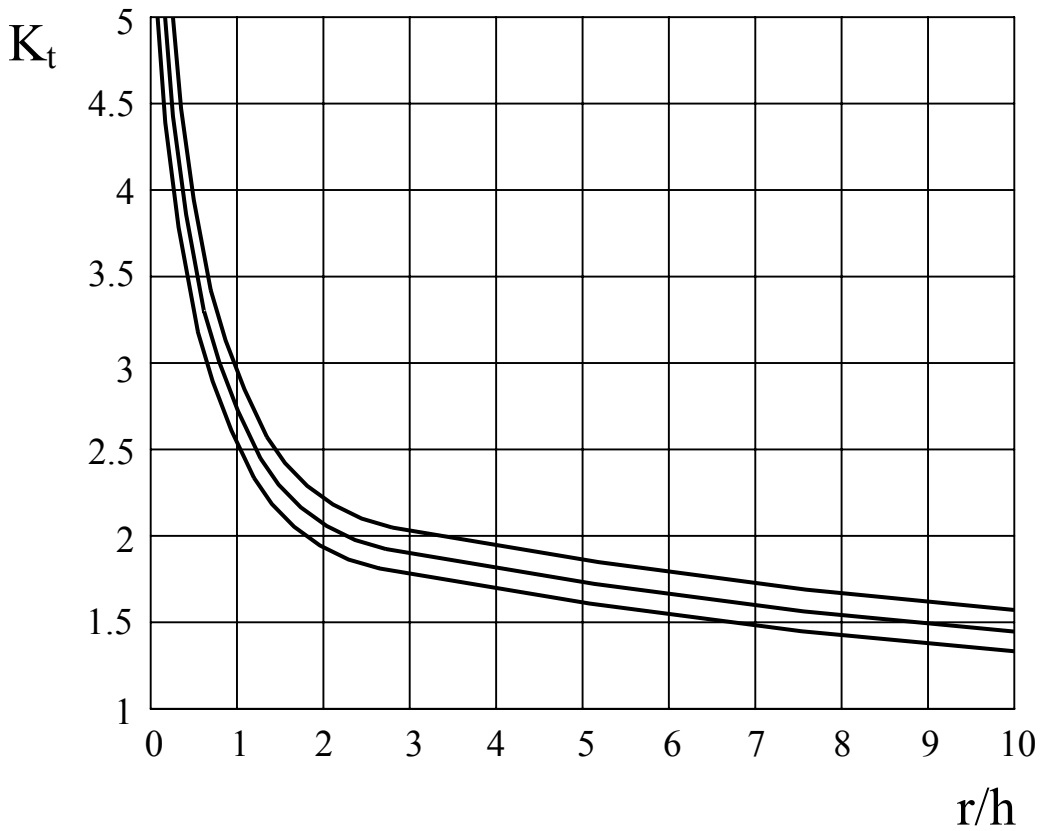
$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{med}}$$

coeff. di concentrazione
delle tensioni teorico



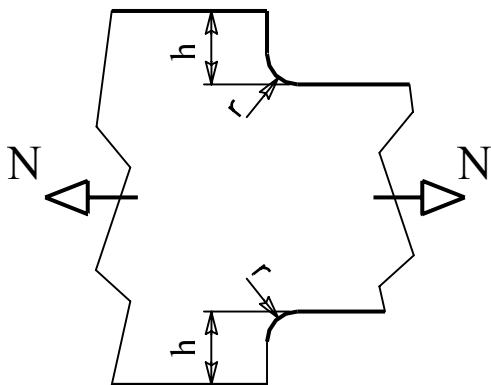
$$\sigma_{\max} = \frac{K_t N}{s (L-d)}$$

tensione massima

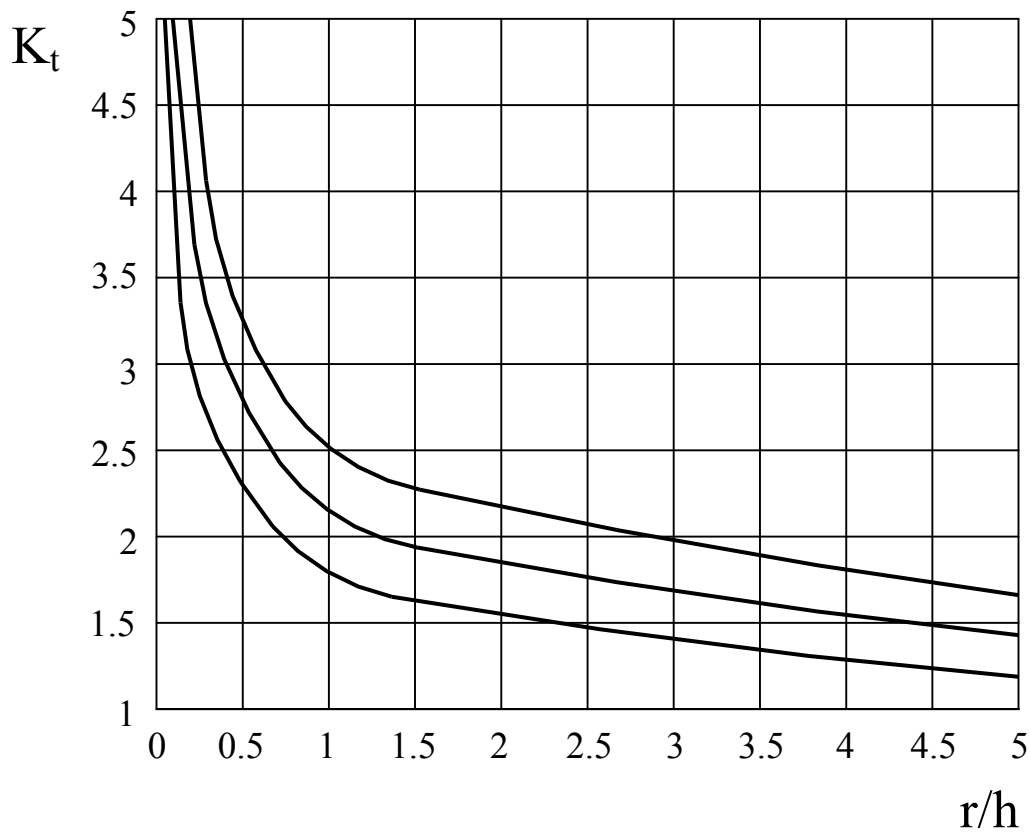


$$\sigma_{\max} = \frac{K_t N}{S(L-2h)}$$

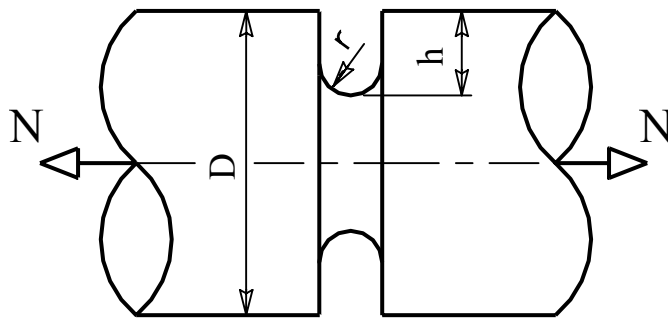
tensione massima



In questo caso i valori di K_t sono leggermente inferiori.

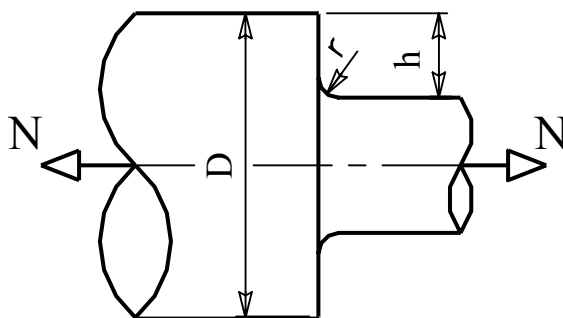


h/D=0.04
h/D=0.12
h/D=0.20

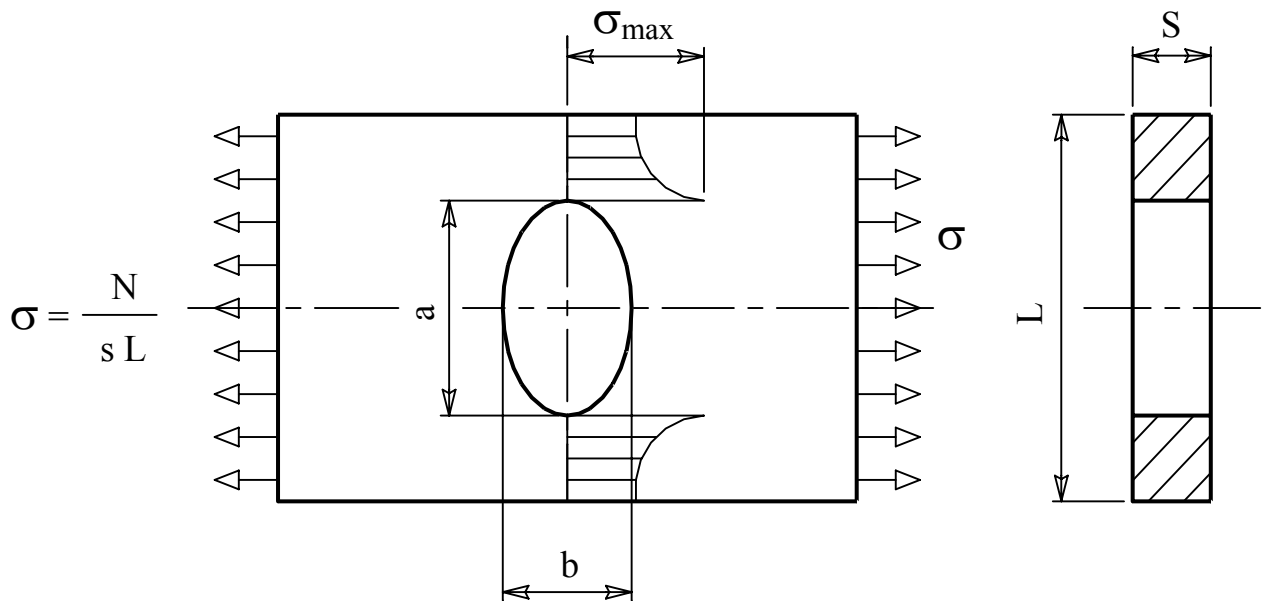


$$\sigma_{\max} = \frac{K_t 4 N}{\pi (D-2h)^2}$$

tensione massima



In questo caso i valori di K_t sono leggermente inferiori.



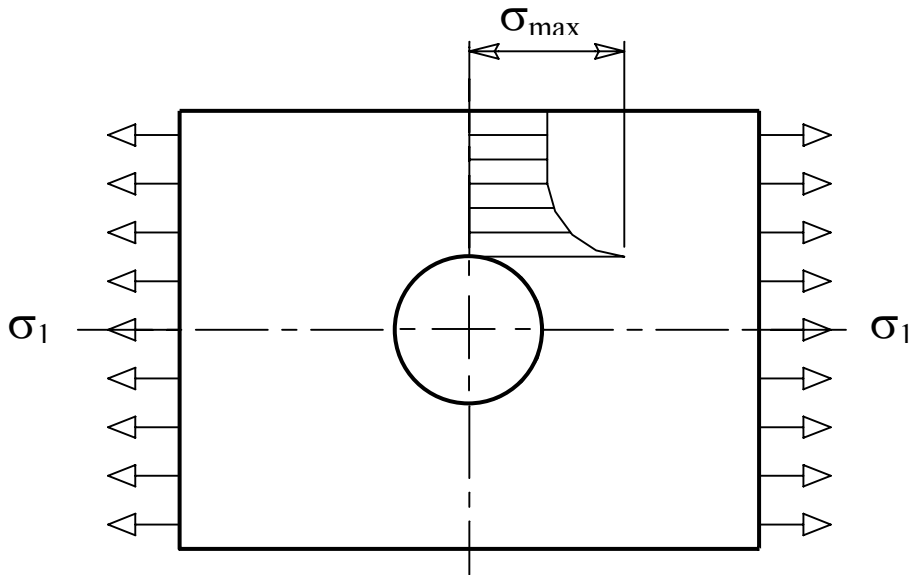
$$\sigma_{\max} = \frac{N}{S(L-a)} \left(1 + 2 \frac{a}{b}\right)$$

tensione massima

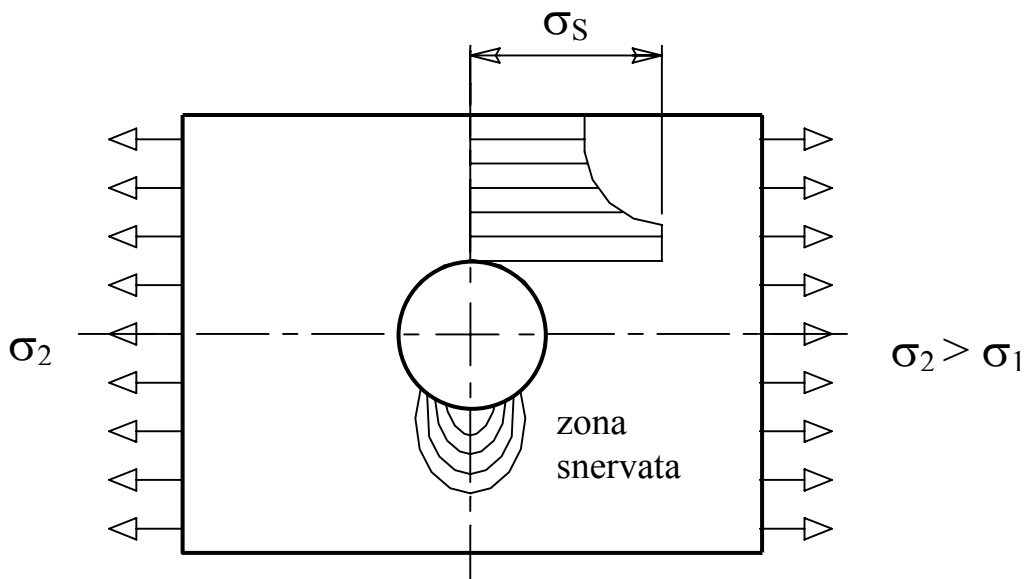
$$K_t = 1 + 2 \frac{a}{b}$$

- Per $a = b$ $K_t = 3$ (foro circolare)
- Per $a = 2b$ $K_t = 5$
- Per $a/b = \infty$ $K_t = \infty$ (taglio trasversale)

Sono materiali che presentano snervamento.



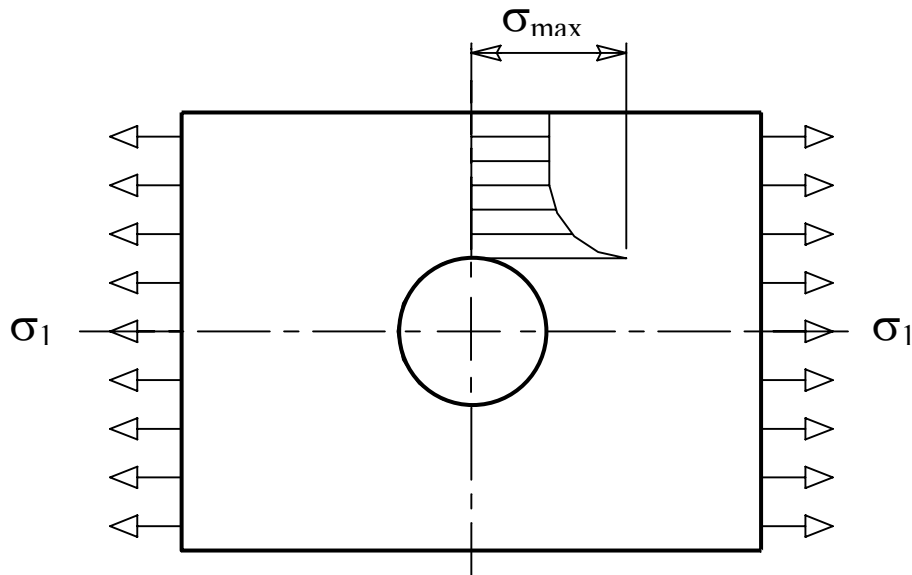
Aumentando σ_1 aumenta σ_{max}



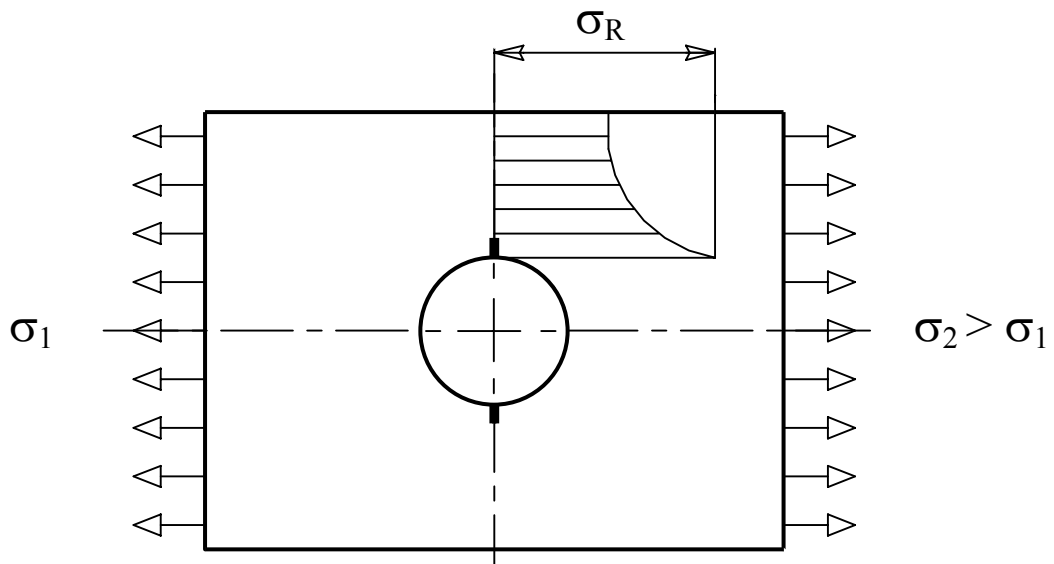
Quando σ_{max} arriva a σ_s , il materiale si snerva localmente e chiama a collaborare il materiale circostante.

Aumentando σ_2 aumenta la zona snervata.

Sono materiali che non presentano snervamento.



Aumentando σ_1 aumenta σ_{max}



Quando σ_{max} arriva a σ_R , il materiale cede localmente e nasce una frattura che riduce la sezione e porta alla rottura.

K_t coeff. di concentrazione delle tensioni **TEORICO**
Dipende soltanto dalla geometria.

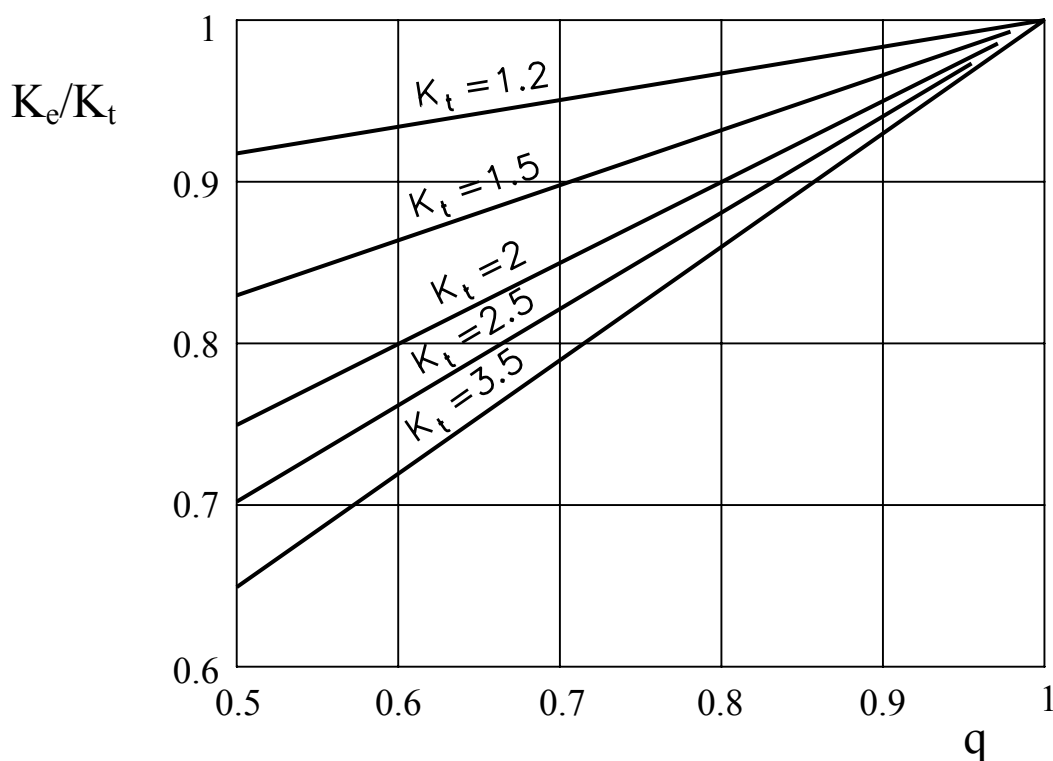
K_e coeff. di concentrazione delle tensioni **EFFETTIVO**
Dipende dalla geometria e dal materiale.

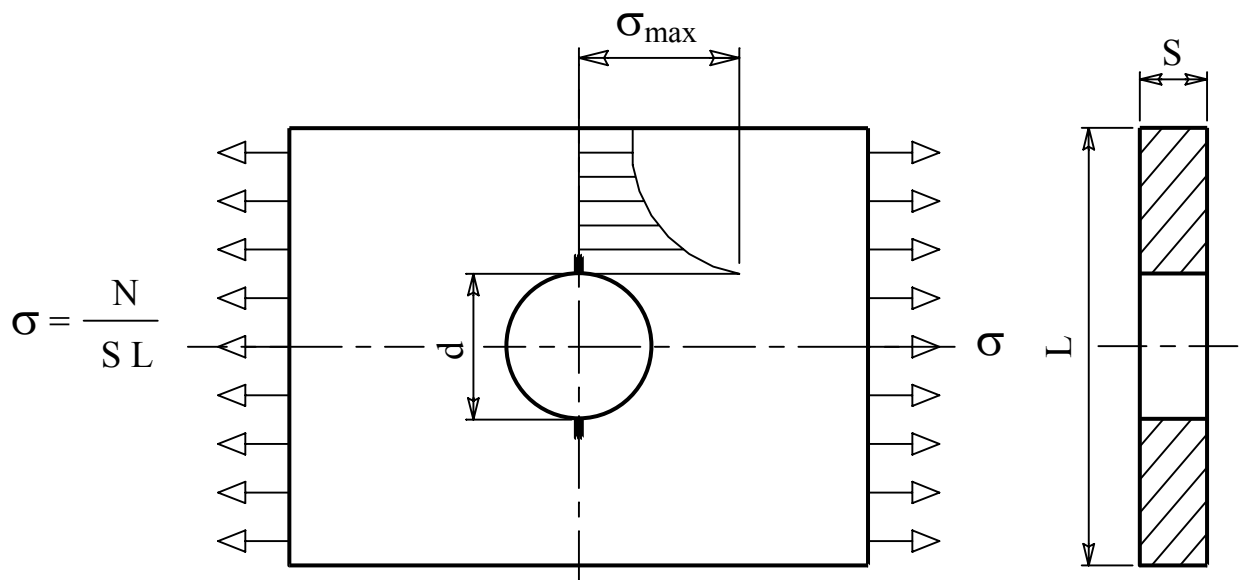
Infatti abbiamo visto che un materiale a comportamento duttile è meno sensibile all'intaglio di un materiale a comportamento fragile (snervamento locale, ecc.).

La relazione è la seguente:

$$K_e = 1 + q (K_t - 1)$$

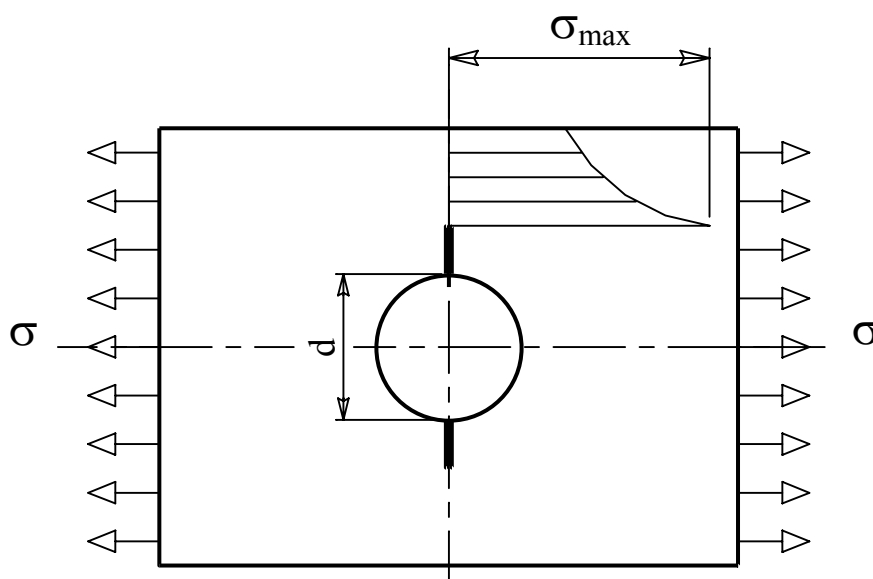
q = coeff. di sensibilità all'intaglio.
È alto per i materiali fragili,
basso per i materiali duttili.





La cricca è innescata dalla punta di tensione, e avanza nel tempo fino alla rottura del pezzo, perché la diminuzione di sezione resistente aumenta la tensione locale.

L'argomento sarà approfondito nel numero dedicato alla fatica.



L'alta sensibilità all'intaglio dei materiali a comportamento fragile (alte resistenze con basse deformazioni), spesso annulla il loro vantaggio.

In molti casi, infatti, conviene usare un acciaio di resistenza inferiore, ma con un valore inferiore della sensibilità all'intaglio.

Consideriamo questi materiali:

$$\sigma_{am1} = 60 \text{ daN/mm}^2$$

$$q_1 = 0.9$$

$$K_t = 4$$

$$K_{e1} = 1 + 0.9(4 - 1) = 3.7$$

$$\sigma_{am2} = 45 \text{ daN/mm}^2$$

$$q_2 = 0.5$$

$$K_t = 4$$

$$K_{e2} = 1 + 0.5(4 - 1) = 2.5$$

$$\frac{\sigma_{am1}}{\sigma_{am2}} = \frac{60}{45} = 1.33$$

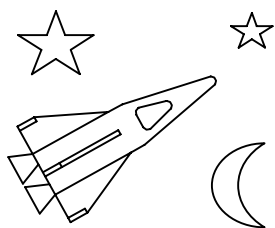
$$\frac{K_{e1}}{K_{e2}} = \frac{3.7}{2.5} = 1.48 (> 1.33)$$

$$\frac{\sigma_{max1}}{\sigma_{max2}} = \frac{3.7}{2.5} = 1.48 (> 1.33)$$

DISEGNO**DRAWING**

Disegno aggiornato	Up-to-date drawing
Disegno complessivo	Assembly drawing
Disegno costruttivo	Working drawing
Disegno di dettaglio	Detail drawing
Disegno di ingombro	Overall dimensions drawing
Disegno di massima	General layout
Disegno di montaggio	Erection drawing
Disegno esploso	Exploded drawing
Disegno in scala	Scale drawing
Disegno quotato	Dimensioned drawing
Disegno schematico	Sketch
Disegno tecnico	Technical drawing
Disegnatore	Draftsman
Disegnatore particolarista	Detailing draftsman
Progettare	To design, to project, to plan
Progettista	Designer, designer engineer
Progetto	Design, plan, project
Progetto di massima	Preliminary project
Progetto preliminare	Predesign
Rifacimento del progetto	Redesign

Proiezione all'americana	Third-angle projection
Proiezione all'europea	First-angle projection
Proiezione ortogonale	Orthographic projection
Sezione	Section
Vista in sezione	Cutaway view
Sezione longitudinale	Longitudinal section
Sezione orizzontale	Horizontal section
Sezione ribaltata dentro la vista	Revolved section
Sezione ribaltata fuori dalla vista	Removed section
Sezione trasversale	Cross section
Sezione verticale	Vertical section
Vista dall'alto	Top view
Vista di fianco	Side view
Vista frontale	Front view, front elevation
Vista in pianta	Plan view
Vista in sezione	Sectional view
Vista parziale	Scrap view
Vista verticale	Elevation
Assonometria	Axonometry
Quotare	To dimension
Quotatura	Dimensioning
Tolleranza	Tolerance, allowance



®

TRAINING

SERVIZIO SINTETICO DI FORMAZIONE E AGGIORNAMENTO MENSILE
DI MECCANICA TEORICA E APPLICATA PER GLI UFFICI TECNICI

DIRITTI RISERVATI

TRAINING è un marchio registrato della NOEMA SOLID

N° 1 GENNAIO 2000

SFORZO NORMALE

PROBLEMI SVOLTI

E

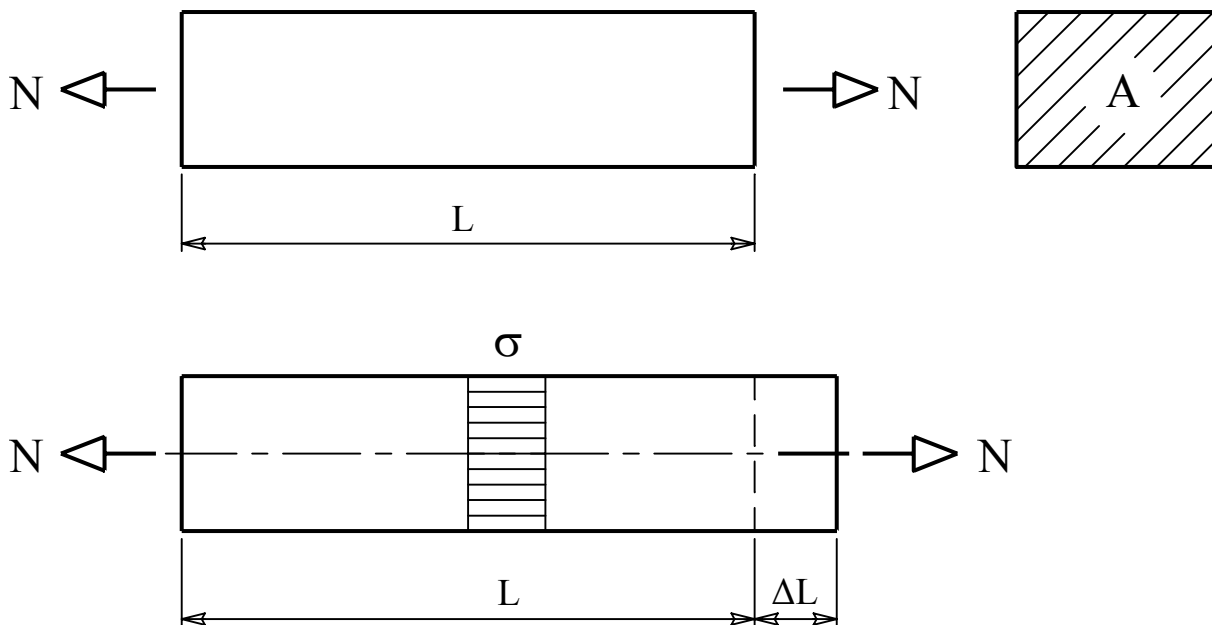
COMMENTATI

Barretta d'acciaio 10x20x500 mm, soggetta al carico assiale $N = 2000$ daN.

Materiale: acciaio al carbonio

$$E = 21000 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_s = 24 \text{ daN/mm}^2$$



$$n_s = 1.5$$

coeff. di sicurezza

$$\sigma_{am} = \frac{\sigma_s}{n_s} = \frac{24}{1.5} = 16 \text{ daN/mm}^2$$

tensione ammissibile

$$A = 200 \text{ mm}^2$$

sezione

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{2000}{200} = 10 \text{ daN/mm}^2$$

tensione

$$\Delta L = \frac{N L}{E A} = \frac{2000 \cdot 500}{21000 \cdot 200} = 0.24 \text{ mm}$$

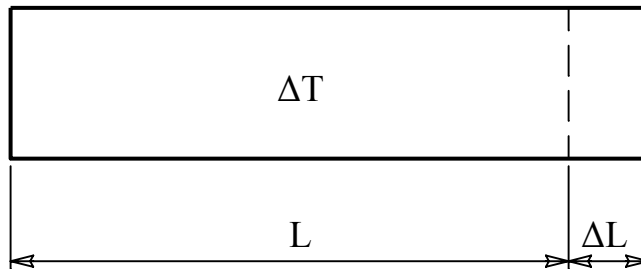
deformazione

Barretta d'acciaio 30x30x200 mm, soggetta alla variazione di temperatura di 40 °C

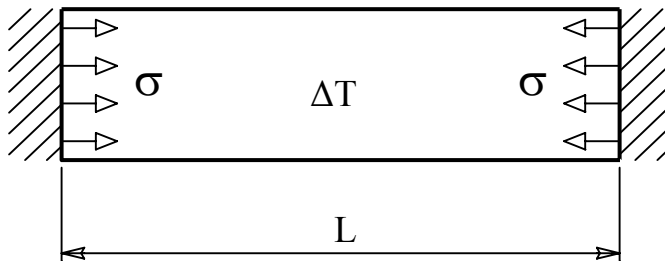
Materiale: acciaio al carbonio

$$E = 21000 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_s = 24 \text{ daN/mm}^2$$



dilatazione consentita



dilatazione impedita

1) La barretta è libera di dilatarsi

$$\Delta L = \alpha L \Delta T = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot 200 = 1.2 \text{ mm}$$

Dilatazione

$$\sigma = 0$$

Tensione

2) La barretta non può dilatarsi

$$\Delta L = 0$$

Dilatazione

$$\sigma = E \alpha \Delta T = 21000 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 40 = 10.1 \text{ daN/mm}^2$$

Tensione

$$N = \sigma A = 10.1 \cdot 900 = 9090 \text{ daN}$$

Carico assiale

Con $\Delta T = 120 \text{ °C}$ si ottiene:

$$\sigma = 30.3 \text{ daN/mm}^2$$

La barretta si snerva

Asta d'acciaio soggetta a carico assiale.

Sezione: 40x60 mm
Lunghezza: 3000 mm

Materiale: acciaio al carbonio

$$E = 21000 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_s = 24 \text{ daN/mm}^2$$

Primo caso: estremi incernierati

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{L_0^2} = \frac{\pi^2 21000 320000}{3000^2} = 7370 \text{ daN} \quad \text{Carico critico}$$

$$J_{min} = \frac{b h^3}{12} = \frac{60 40^3}{12} = 320000 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{7370}{2400} = 3.1 \text{ daN/mm}^2 \quad \text{Tensione critica}$$

Secondo caso: estremi incastrati

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{L_0^2} = \frac{\pi^2 21000 320000}{(0.5 3000)^2} = 29500 \text{ daN} \quad \text{Carico critico}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{29500}{2400} = 12.4 \text{ daN/mm}^2$$

Oppure:

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{A}} = \sqrt{\frac{320000}{2400}} = 11.5 \text{ mm}$$

$$\lambda_0 = \frac{L_0}{\rho_{min}} = \frac{0.5 3000}{11.5} = 130$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_0^2} = \frac{\pi^2 21000}{130^2} = 12.4 \text{ daN/mm}^2 \quad \text{Tensione critica}$$

Asta d'acciaio soggetta al carico assiale di 10000 daN.

Sezione: da determinare

Lunghezza: 1000 mm

Vincoli: cerniere

Materiale: acciaio al carbonio

$$E = 21000 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_s = 24 \text{ daN/mm}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{L_0^2}$$

$$J_{min} = \frac{P_{cr} L_0^2}{\pi^2 E}$$

$$P_{cr} = n P_{am}$$

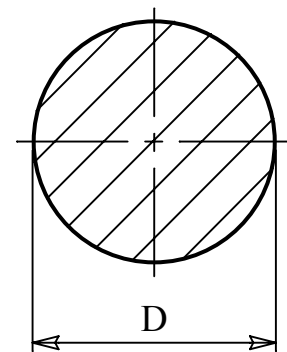
$$J_{min} = \frac{N P_{am} L_0^2}{\pi^2 E} = \frac{2 \cdot 10000 \cdot 1000}{\pi^2 \cdot 21000} = 96500 \text{ mm}^4$$

Momento d'inerzia minimo

Sezione circolare

$$J = \frac{\pi D^4}{64}$$

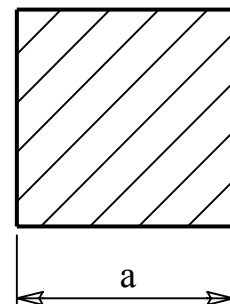
$$D = \sqrt[4]{\frac{64 J}{\pi}} = 37.5 \text{ mm}$$



Sezione quadrata

$$J = \frac{a^4}{12}$$

$$a = \sqrt[4]{12 J} = 33 \text{ mm}$$



Tubo $\varnothing_e 300 \times 1$ soggetto a carico assiale.
Determinare il carico ammissibile.

Materiale: acciaio al carbonio

$$E = 21000 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_s = 36 \text{ daN/mm}^2$$

Tensione critica

$$\sigma_{cr} = \frac{\sigma_s}{1+3 \frac{R_m}{S} \frac{\sigma_s}{E}} = \frac{36}{1+3 \frac{149.5}{1} \frac{36}{21000}} = 20.4 \text{ daN/mm}^2$$

Carico critico

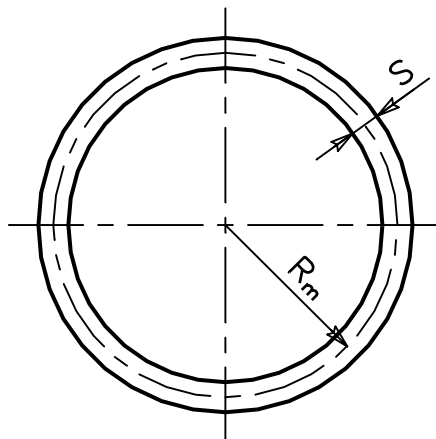
$$P_{cr} = \sigma_{cr} A = 20.4 \pi 299.1 = 19200 \text{ daN}$$

Carico ammissibile

$$P_{am} = \frac{P_{cr}}{n} = \frac{19200}{2} = 9600 \text{ daN}$$

$$(\sigma_{am} = 10.2 \text{ daN/mm}^2)$$

Questo carico deve essere superiore al carico ammissibile per instabilità generale.



Angolare 100x200x2 soggetto a carico assiale.
Determinare il carico ammissibile.

Materiale: acciaio al carbonio

$$E = 21000 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_s = 24 \text{ daN/mm}^2$$

Tensione critica

$$\sigma_{cr} = \frac{\sigma_s}{1 + 8.5 \frac{A}{S} \frac{\sigma_s}{E}} = \frac{24}{1 + 8.5 \frac{200}{2} \frac{24}{21000}} = 12.2 \text{ daN/mm}^2$$

Carico critico

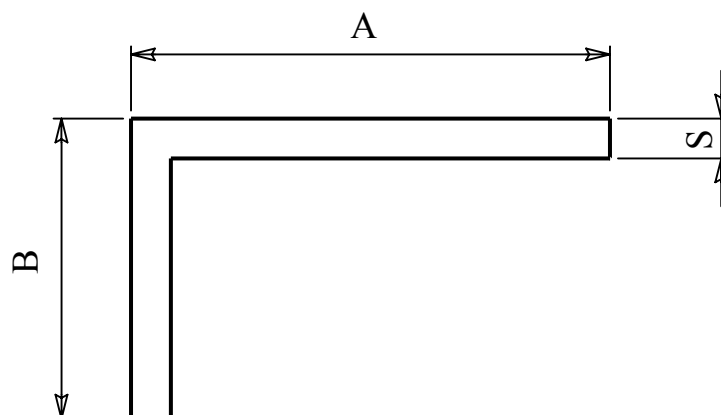
$$P_{cr} = \sigma_{cr} A = 12.2 (99 + 199) 2 = 7270 \text{ daN}$$

Carico ammissibile

$$P_{am} = \frac{P_{cr}}{n} = \frac{7270}{2} = 3635 \text{ daN}$$

$$(\sigma_{am} = 6 \text{ daN/mm}^2)$$

Questo carico deve essere superiore al carico ammissibile per instabilità generale.

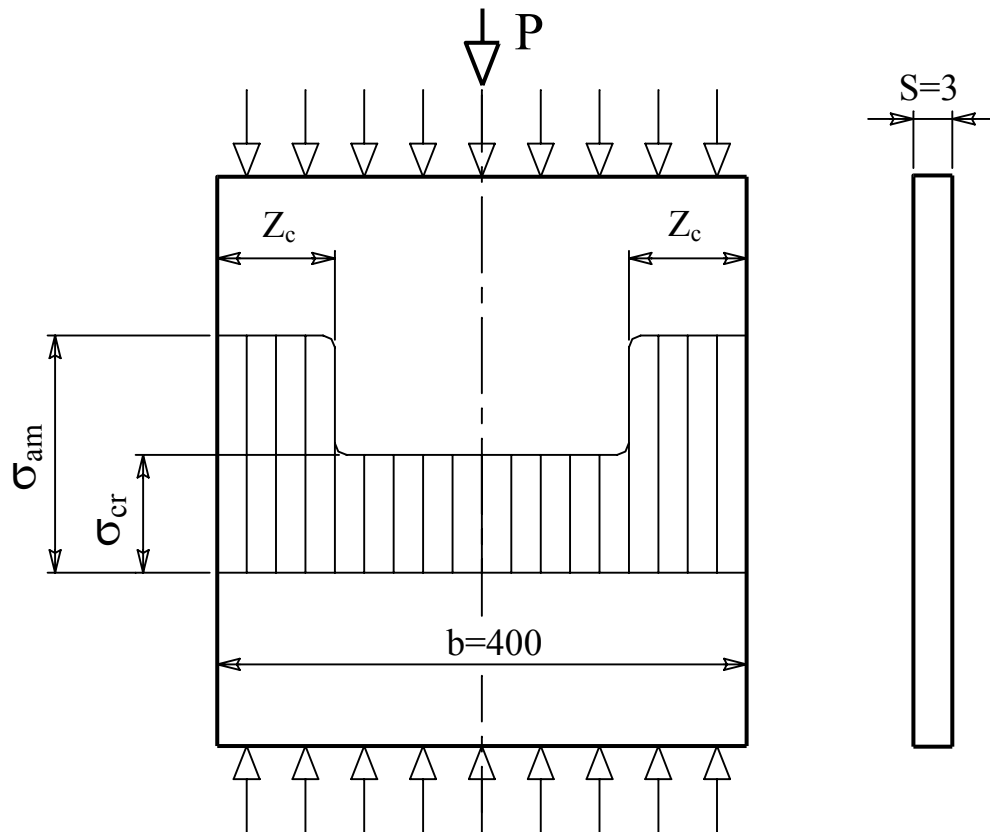


Carico sopportabile da un pannello compresso.

Materiale: acciaio al carbonio

$$E = 21000 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_s = 24 \text{ daN/mm}^2$$



Estremi e lati appoggiati ($K=3.6$)

$$\sigma_{cr} = K E \left(\frac{S}{b} \right)^2 = 3.6 \cdot 21000 \left(\frac{3}{400} \right)^2 = 4.2 \text{ daN/mm}^2$$

$$Z_c = \frac{\sqrt{K}}{2} \sqrt{\frac{E}{\sigma_s}} S = \frac{\sqrt{3.6}}{2} \sqrt{\frac{21000}{24}} \cdot 3 = 84 \text{ mm}$$

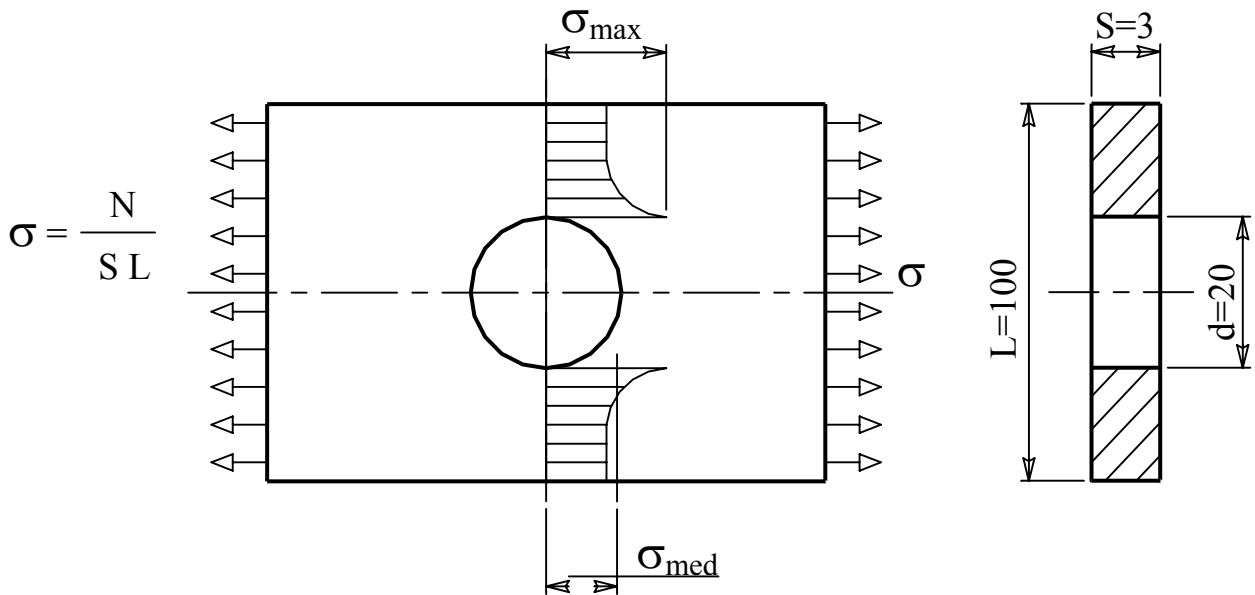
$$P_{am} = \sigma_{cr} (b - 2Z_c) S + \sigma_{am} 2Z_c S = 4.2 (400 - 2 \cdot 84) \cdot 3 + 24 \cdot 2 \cdot 84 \cdot 3 = 11000 \text{ daN}$$

Estremi e lati incastrati ($K=7.2$)

$$\sigma_{cr} = 8.4 \text{ daN/mm}^2$$

$$P_{am} = 13900 \text{ daN}$$

$N = 4000 \text{ daN}$



Materiale con $\sigma_s = 24 \text{ daN/mm}^2$ $q = 0.5$

$K_e = 1 + q (K_t - 1)$

$\frac{d}{L} = \frac{20}{100} = 0.2$ $K_t = 2.6$

$K_e = 1 + 0.5 (2.6 - 1) = 1.8$

$\sigma_{max} = \frac{K_e N}{S (L-d)} = \frac{1.8 \cdot 4000}{3 (100-20)} = 30 \text{ daN/mm}^2 \quad (>\sigma_s)$

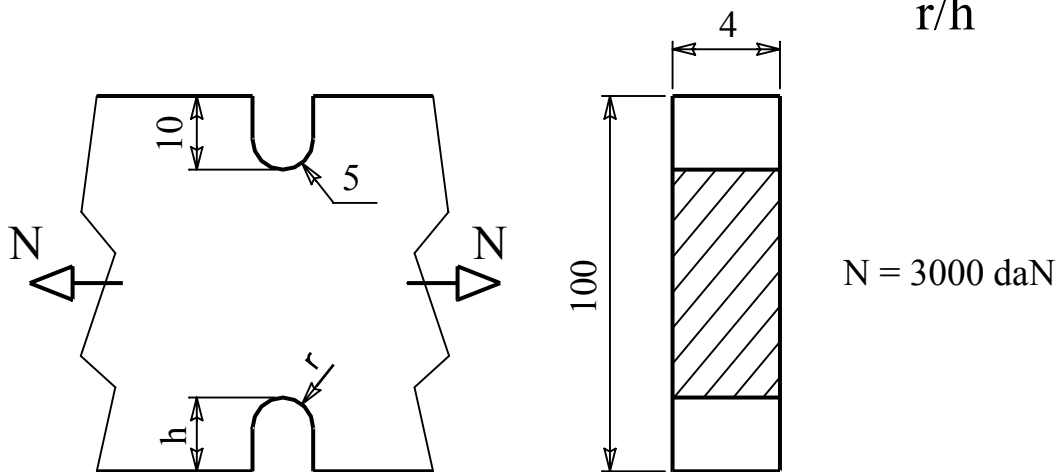
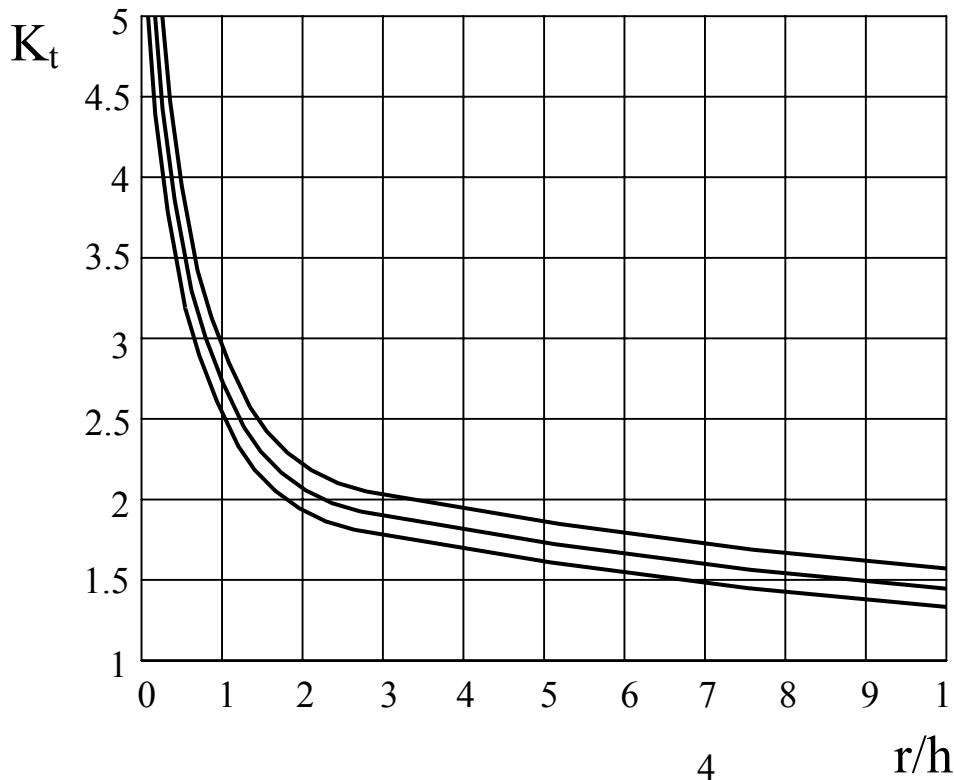
Il materiale si snerva localmente ai bordi del foro.

Materiale con $\sigma_s = 46 \text{ daN/mm}^2$ $q = 0.8$

$K_e = 1 + 0.8 (2.6 - 1) = 2.3$

$\sigma_{max} = \frac{K_e N}{S (L-d)} = \frac{2.3 \cdot 4000}{3 (100-20)} = 38.3 \text{ daN/mm}^2 \quad (>\sigma_s)$

$n_s = \frac{\sigma_s}{\sigma_{max}} = \frac{46}{38.3} = 1.2$ Coeff. di sicurezza



Materiale con $\sigma_s = 50$ daN/mm² $q = 0.9$

$$\frac{r}{h} = \frac{5}{10} = 0.5 \quad \frac{h}{L} = \frac{10}{100} = 0.1 \quad K_t = 3.4$$

$$K_e = 1 + 0.9 (3.4 - 1) = 3.2$$

$$\sigma_{\max} = \frac{K_e N}{S (L-2h)} = \frac{3.2 \cdot 3000}{4 (100-20)} = 30 \text{ daN/mm}^2$$

$$n_s = \frac{\sigma_s}{\sigma_{\max}} = \frac{50}{30} = 1.6 \quad \text{Coeff. di sicurezza}$$

BIBLIOGRAFIA

- 1) Belluzzi: Scienza delle costruzioni – Zanichelli
- 2) Timoshenko: Resistance des materiaux – Dunod
- 3) Feodosev: resistenza dei materiali – Editori Riuniti
- 4) Pissarenko – Yakovlev – Matvev: Resistance des materiaux – Editions de Moscou
- 5) Tuma: Analisi delle strutture - Etas libri
- 6) Nash: Resistenza dei materiali- Etas libri
- 7) Timoshenko – Gere: Theory of elastic stability - McGraw Hill
- 8) Timoshenko – Krieger: Theory of plates and shells - McGraw Hill
- 9) Beer – Johnston: Scienza delle costruzioni – McGraw Hill
- 10) Giovannozzi: Costruzione di macchine – Patron
- 11) Nerli: Lezioni di costruzioni di macchine – Levrotto e Bella
- 12) Jacazio: Progettazione delle strutture meccaniche – Amma
- 13) Fogiel: The machine design problem solver – Rea
- 14) Hubka: Scienza della progettazione – Masson
- 15) Cirillo: Progetto di sistemi meccanici - McGraw Hill
- 16) Flaccavento: Calcoli di strutture aeronautiche – Ed. Giorgio
- 17) Flaccavento: Costruzioni aeronautiche – Ed. Giorgio
- 18) Niemann – Winter: Elementi di macchine – Est/Springer
- 19) Annaratone: Recipienti in pressione – Clup
- 20) Pahl – Beitz: Engineering design – Springer

BIBLIOGRAFIA

- 21) Research in engineering design – Springer
- 22) French: Conceptual design for engineers – Springer
- 23) Cain – Hulse: Structural mechanics – MacMillian
- 24) Iannacone: Strutture portanti in lamiera d'acciaio – Hoepli
- 25) Ballio – Mazzolani: Strutture in acciaio – Hoepli
- 26) Mosco – Marconi: Progettazione e calcolo dei serbatoi e sili in acciaio – Cisia
- 27) CNR: Strutture in acciaio
- 28) Frey: Statica applicata – Hoepli
- 29) Ullman: La verifica di resistenza nella progettazione meccanica – Tecniche Nuove
- 30) Lewis – Samuel: Engineering design – Prentice Hall
- 31) Gugliotta: Introduzione alla meccanica della frattura lineare elastica – Levrotto e Bella
- 32) Audenino – Goglio – Rossetto: Metodi sperimentali per la progettazione - Levrotto e Bella
- 33) Calderale – Garro: Principi e metodologie della progettazione meccanica - Levrotto e Bella
- 34) Masi: Costruire in acciaio – Hoepli
- 35) Costa – Daddi – Mazzolani: Collegamenti saldati – Cisia
- 36) Tuma – Reddy: Space structural analysis – McGraw Hill
- 37) Carputi – Locatelli: Collegamenti chiodati e bullonati – Cisia
- 38) Henriot: Manuale pratico degli ingranaggi – Tecniche Nuove

BIBLIOGRAFIA

- 39) Manuale dell'ingegnere meccanico – Hoepli
- 40) Gaeta: Manuale degli impieghi e dei materiali – Calderini
- 41) Ehrenstein – Erhard: Progettazione con materiali plastici – Tecniche Nuove
- 42) Flaccavento: Aerodinamica pratica – Ed. Giorgio
- 43) Brady – Clauser: Manuale dei materiali – Tecniche Nuove
- 44) Aimat: Manuale dei materiali per l'ingegneria - McGraw Hill
- 45) Dudley – Townsend: Manuale degli ingranaggi – Tecniche Nuove
- 46) Adams: Ingranaggi in materiale plastico - Tecniche Nuove
- 47) Zagatti – Zennaro – Pasqualetto: L'assetto dell'autoveicolo - Levrotto e Bella
- 48) Genta: Meccanica dell'autoveicolo - Levrotto e Bella
- 49) Milliken: Race car vehicle dynamics – Sae
- 50) Chiesa: Similitudine fisica - Clut