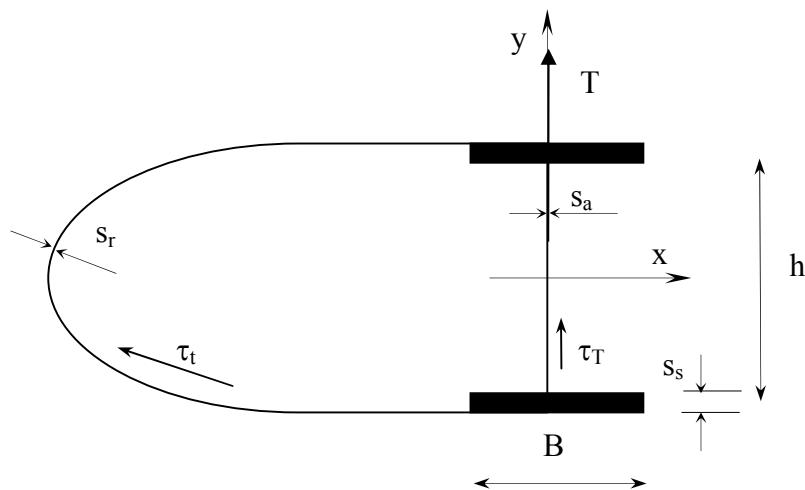


DIMENSIONAMENTO DI UNA SEZIONE ALARE SEMIGUSCIO A “D” (semplificato come sui libri)

La struttura alare a D (in inglese D-box) è chiamata in questo modo perché gli elementi resistenti sono le due solette di longherone, la sua anima ed un rivestimento che si sviluppa attorno al bordo di entrata dando luogo ad una configurazione a forma di D. Le solette del longherone sopportano gli sforzi normali di trazione-compressione e dovuti alla flessione, mentre il rivestimento sopporta il taglio ed il momento torcente. La parte posteriore del profilo è in genere rivestita di tela e sopporta soltanto la pressione aerodinamica e sforzi di importanza secondaria.



Indichiamo ancora con:

s_r : lo spessore del rivestimento del bordo di entrata

s_a : lo spessore dell'anima del longherone

s_s : lo spessore della soletta del longherone

Ω : area della regione racchiusa dal rivestimento e dall'anima del longherone

Dimensionamento delle solette:

Ricaviamo l'espressione delle tensioni normali nelle solette con la formula di Navier:

$$\sigma_i = \frac{(M_y \cdot J_x - M_x \cdot J_{xy}) \cdot x_i + (M_x \cdot J_y - M_y \cdot J_{xy}) \cdot y_i}{J_x \cdot J_y - J_{xy}^2}$$

La componente M_y del momento flettente si trascura, resta solo M_x

Non si considerano strisce collaboranti, quindi le aree resistenti a trazione sono solo quelle delle solette le indichiamo con A . Con queste premesse, il baricentro si trova nel punto medio dell'anima, le coordinate x dei baricentri delle aree resistenti rispetto al baricentro della sezione sono nulle, le coordinate y saranno $\pm h/2$

I momenti del secondo ordine saranno:

$$J_x = A \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2 + A \cdot \left(-\frac{h}{2}\right)^2 = A \cdot \frac{h^2}{2}$$

$$J_y = 2 \cdot \frac{B^3 \cdot s_s}{12} = \frac{B^3 \cdot s_s}{6}$$

$$J_{xy} = 0$$

Con questi elementi, la formula di Navier si riduce a:

$$\sigma_i = \frac{(M_x \cdot J_y) \cdot y_i}{J_x \cdot J_y} = \frac{M_x \cdot y_i}{J_x} = \pm \frac{M_x \cdot \frac{h}{2}}{A \cdot \frac{h^2}{2}} = \pm \frac{M_x}{A \cdot h}; \quad \sigma_i = \pm \frac{M_x}{A \cdot h}$$

dove il segno + vale per la soletta inferiore ed il segno - per quella superiore

Poiché in un dimensionamento deve essere $\sigma_i = \sigma_{amm}$ possiamo impostare l'equazione da cui ricavare l'area A della soletta:

$$\sigma_{amm} = \frac{M_x}{A \cdot h}; \text{ da cui } A = \frac{M_x}{\sigma_{amm} \cdot h}$$

Il dimensionamento dell'area delle solette ha due variabili: larghezza B ed spessore s_s , $A = B s_s$. Uno dei due deve essere assegnato, con questo criterio: Fissato lo spessore del profilo nella zona in cui si trovano le solette, maggiore è B, maggiore sarà h, minore sarà A, pertanto il longherone risulta più leggero, tuttavia, se risulta un s_s troppo ridotto, si andrà incontro a fenomeni di instabilità elastica per la soletta compressa. Conviene fissare un s_s adeguato e poi calcolare B. Un lavoro più raffinato si può fare assegnando un s_s minore per la soletta in trazione ed un valore maggiore per quella compressa.

Per giungere a questo risultato si è utilizzata la formula di Navier per evidenziarne il valore, tuttavia poteva essere fatto un ragionamento più semplice:

Le solette del longherone, devono essere sede di uno sforzo normale che, moltiplicato per la distanza h fra i loro baricentri deve equilibrare il momento flettente M_x , pertanto

$N h = M_x$ da cui $N = M_x / h$ osservando che deve essere $\sigma_{amm} = N/A$ si ottiene $A = N/\sigma_{amm}$.

Dimensionamento anima del longherone a taglio

Dall'equivalenza fra momento di T e ed il momento risultante dei flussi di taglio rispetto al punto o si ha:

Intendiamo far lavorare i pannelli in **campo tangenziale puro**

Indicati con:

dc: distanza fra due centine (lato lungo del pannello)

h: altezza dell'anima del longherone (lato corto del pannello)

s_a : spessore dell'anima del longherone

calcolato il coefficiente $k = 5 + 6 \cdot \frac{h}{dc}$

deve risultare:

$$\tau_T = \tau_{cr} \quad \frac{T}{s_a \cdot h} = k \cdot E \cdot \left(\frac{s_a}{h} \right)^2 \quad \text{da cui: } \frac{T}{h} = k \cdot E \cdot \frac{s_a^3}{h^2} \quad s_a = \sqrt[3]{\frac{T \cdot h}{k \cdot E}}$$

Dimensionamento del rivestimento anteriore a torsione

A questo punto, se il momento torcente ci viene assegnato non ci sono problemi, se dobbiamo calcolarlo, abbiamo bisogno della posizione del centro di taglio, ma questa può essere calcolata solo se conosciamo gli spessori dei pannelli cioè in fase di verifica, altrimenti, la posizione del centro di taglio deve essere stimata oppure bisogna procedere ad un calcolo iterativo.

Applicando la formula di Bredt per sezioni semplicemente connesse si ha:

$$\boxed{\tau_t = \frac{M_t}{2 \cdot \Omega \cdot s_r}}$$

Intendiamo far lavorare i pannelli in **campo tangenziale puro**

Come lati significativi del pannello rappresentativo del rivestimento al bordo di entrata consideriamo:

Indicati con:

dc: distanza fra due centine (lato lungo del pannello)

L: lunghezza, in direzione della corda del profilo, del rivestimento che può essere ritenuto piatto

a: lato lungo del pannello (il più grande fra dc ed L)

b: lato corto del pannello (il più corto fra dc ed L)

s_r : spessore del pannello del rivestimento

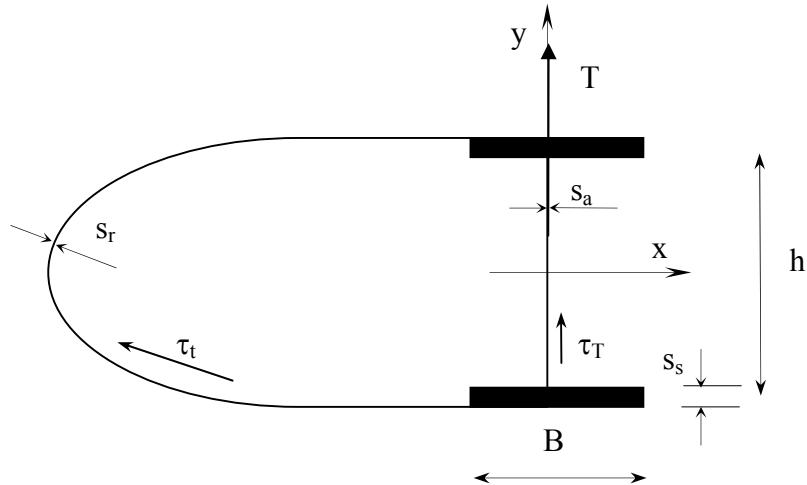
deve essere:

$$k = 5 + 6 \cdot \frac{b}{a}$$

$$\tau_t = \tau_{cr} \quad \frac{M_t}{2 \cdot \Omega \cdot s_r} = k \cdot E \cdot \left(\frac{s_r}{b} \right)^2 \quad \frac{M_t \cdot b^2}{2 \cdot \Omega \cdot k \cdot E} = s_r^3 \quad \text{da cui} \quad s_r = \sqrt[3]{\frac{M_t \cdot b^2}{2 \cdot \Omega \cdot k \cdot E}}$$

DIMENSIONAMENTO DI UNA SEZIONE ALARE SEMIGUSCIO A “D” (semplificato come sui libri)

Schema di calcolo



Indicati con:

A: area della soletta del longherone

a: lato lungo di un pannello

B: larghezza della soletta del longherone

b: lato corto di un pannello

c: corda alare nella sezione considerata

c': corda alare nella sezione normalizzata ($c' = 1$ oppure $c' = 100$)

h: distanza fra i baricentri delle due solette

M_t : momento torcente nella sezione alare

M_x : momento flettente nella sezione alare

s'_{\max} : spessore massimo del profilo alare dato come % della corda

s_a : spessore anima del longherone

s_{\max} : spessore del profilo in corrispondenza dell'anima del longherone

s_r : spessore del rivestimento del bordo di entrata

s_s : spessore della soletta

T: taglio nella sezione alare

Ω : area della regione racchiusa dal rivestimento e dall'anima del longherone

Ω' : area della regione racchiusa dal rivestimento e dall'anima del longherone del profilo a corda normalizzata ($c' = 1$ oppure $c' = 100$)

Calcolo dello spessore massimo del profilo alare

$$s_{\max} = s'_{\max} \cdot c$$

Si assegna lo spessore della soletta

esempio: s_s pari a circa il 10% di s_{\max}

Calcolo della distanza fra i baricentri delle solette

$$h = s_{\max} - s_s$$

Calcolo dell'area racchiusa dalla sezione a D

$$\Omega = \Omega' \cdot \left(\frac{c}{c'} \right)^2$$

Calcolo della larghezza della soletta

$$A = \frac{M_x}{\sigma_{amm} \cdot h}; \quad B = \frac{A}{s_s}$$

Dimensionamento anima del longherone a taglio

Intendiamo far lavorare i pannelli in **campo tangenziale puro**

Indicati con:

dc: distanza fra due centine (lato lungo del pannello)

h: altezza dell'anima del longherone (lato corto del pannello)

s_a : spessore dell'anima del longherone

$$\text{calcolato il coefficiente } k = 5 + 6 \cdot \frac{h}{dc} \quad s_a = \sqrt[3]{\frac{T \cdot h}{k \cdot E}}$$

Dimensionamento del rivestimento anteriore a torsione

Intendiamo far lavorare i pannelli in **campo tangenziale puro**

Come lati significativi del pannello rappresentativo del rivestimento al bordo di entrata consideriamo:

Indicati con:

dc: distanza fra due centine (lato lungo del pannello)

L: lunghezza, in direzione della corda del profilo, del rivestimento che può essere ritenuto piatto

a: lato lungo del pannello (il più grande fra dc ed L)

b: lato corto del pannello (il più corto fra dc ed L)

s_r : spessore del pannello del rivestimento anteriore

$$\text{Calcolato: } k = 5 + 6 \cdot \frac{b}{a} \quad s_r = \sqrt[3]{\frac{M_t \cdot b^2}{2 \cdot \Omega \cdot k \cdot E}}$$