

[Clic per tutti gli appunti](#) (AUTOMAZIONE – TRATTAMENTI TERMICI ACCIAIO – SCIENZA delle COSTRUZIONI...)



[e-mail per suggerimenti](#)

[Clic qui](#)– PRIMA PAGINA APPUNTI ACCIAIO

5.4 Criteri di resistenza nella unioni saldate

Precedentemente si sono classificati i giunti in base alla posizione relativa dei due pezzi da saldare.

L'eurocodice EC3 distingue le seguenti tipologie più comuni di giunti, come riportato nel prospetto 6.6.1 nella seguente pagina.

- saldature a cordone d'angolo;
- saldature di testa;
- saldature entro intagli;
- saldature entro fori;
- saldature entro scanalature.

Rispetto alla penetrazione della saldatura le unioni si possono distinguere:

- unioni a piena(completa) penetrazione;
- unioni a penetrazione parziale;
- unioni con saldature a cordoni d'angolo.

5.4.1 Unioni con saldature a piena penetrazione

Una unione a completa penetrazione, di testa, a T, a croce, si intende una saldatura in cui la penetrazione interessa l'intero spessore della lamiera, ove si ha la completa fusione del metallo base con quello d'apporto, avente resistenza uguale o maggiore degli elementi legati.

In queste condizioni la resistenza di calcolo si assume uguale a quella più debole degli elementi connessi, considerando, così, la piena continuità di caratteristiche meccaniche e tecnologiche di essi.

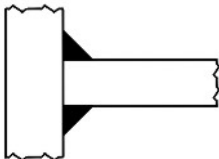
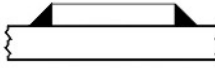






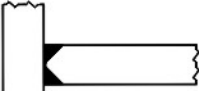

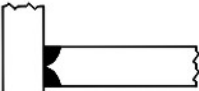


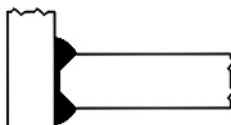
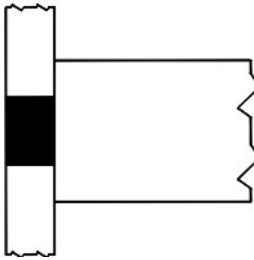
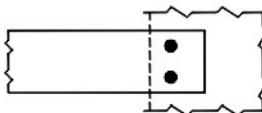
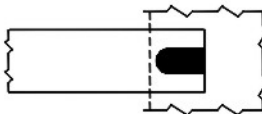
5.4.2 Unioni con saldature a parziale penetrazione

In queste unioni la fusione non interessa l'intero spessore della lamiera, ma solamente una porzione di essa.

In genere la preparazione del giunto ha le forme a: **U, V, K**

La normativa NTC (punto 4.2.8.2.2) prescrive che nei collegamenti testa a testa, a T, a croce, con parziale penetrazione, la verifica di resistenza deve essere eseguita con gli stessi criteri indicati per i cordoni d'angolo.

Tabella 5.7

Tipo di saldatura	Tipo di giunto		
	Giunto di testa	Giunto di testa a T	Giunto di sovrapposizione
Saldatura a cordoni d'angolo			
Saldature di testa			
Saldature di testa a penetrazione completa *)	 V singolo  V doppio  U singolo  U doppio	 1/2 V o smusso semplice  K o doppio smusso  J singolo  J doppio	
Scalature di testa a penetrazione parziale *)	 V doppio parziale  U doppio parziale	 K parziale o doppio smusso	
Saldatura entro fori			 
Saldatura entro scanalature	(vedere fig.6.6.3 e 6.6.4)		
*) talvolta si possono eseguire le saldature di testa a testa senza preparazione dei lembi			

L'altezza della gola da utilizzare nelle verifiche è quella teorica, corrispondente alla profondità della preparazione adottata e specificata nei disegni di progetto, senza tener conto della penetrazione e del sovra metallo di saldatura. La lunghezza da adottare è quella del cordone.

Altezza della singola gola:

$$A_w = a \cdot L \quad (5.1)$$

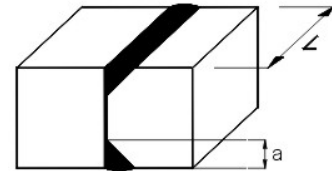


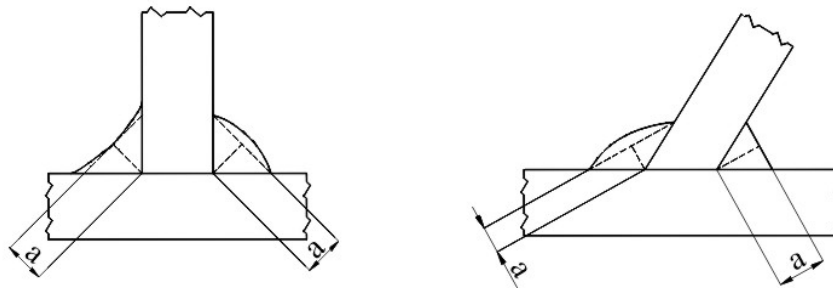
Fig.5.41

5.4.2 Unioni con saldature a cordone d'angolo

Nelle saldature ad angolo, la sezione (gola) trasversale del cordone è una sezione a tre lati, che ha: un profilo esterno, che può essere, retto, concavo o convesso; gli altri due lati sono sulla superficie degli elementi d'angolo collegati.

Fig.5.42

Altezza di gola



Si definisce *altezza di gola* "a" (della sezione trasversale), l'altezza del triangolo inscritto nella sezione trasversale del cordone, misurata rispetto al lato esterno.

5.4.2.1 Sezione resistente del cordone d'angolo

La sezione resistente A_w del cordone d'angolo ha come dimensioni quelle del rettangolo, costituito dall'altezza di gola "a" e la lunghezza del cordone "L".

$$A_w = a \cdot L \quad (5.2)$$

La superficie A_w , così determinata, rappresenta la sezione resistente rettangolare, nella sua posizione effettiva, con l'altezza "a" perpendicolare al lato esterno del triangolo, inscritto alla sezione del cordone, e la base "L" pari alla lunghezza del cordone.

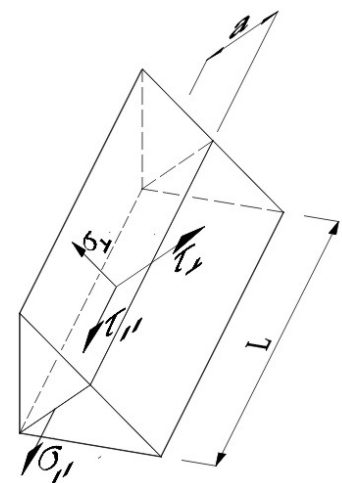
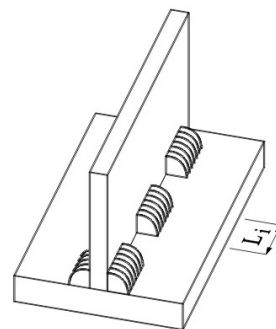


Fig.5.43

Fig.5.44

Nel caso di saldature a tratti, indicando con " L_i " la lunghezza di ogni tratto e con " a " l'altezza uguale di gola di ogni tratto, la sezione resistente è:

$$A_w = \sum a \cdot L_i \quad (5.3)$$



5.4.2.2 Sezione resistente del cordone d'angolo in posizione ribaltata

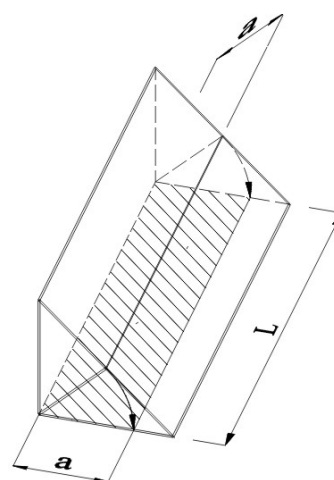
Fig.5.45

Nelle verifiche del cordone di saldatura si può considerare come sezione resistente quella ottenuta ribaltando la sezione dalla sua posizione effettiva su uno dei lati interni al cordone; e ciò a seconda di quale pezzo in unione si sta considerando la resistenza.

Nella figura Fig.5.45 la sezione della gola è ribaltata dalla sua posizione effettiva a lato interno inferiore.

La sezione ribaltata ha la stessa superficie di quella in posizione effettiva

$$A_w = a \cdot L \quad (5.4)$$

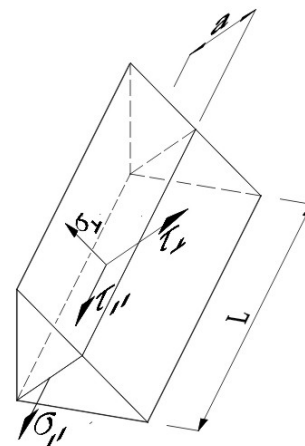


5.4.3 Tensioni nella sezione resistente della gola e condizioni di resistenza

Riprendiamo in esame la sezione resistente della gola, nella sua posizione effettiva di figura Fig.5.43, e la sezione trasversale del cordone di saldatura.

Su di esse si possono rilevare delle tensioni normali e tangenziali; precisamente:

- σ_{\perp} tensione normale alla sezione resistente della gola nella posizione effettiva, e quindi normale all'asse del cordone;
- τ_{\perp} tensione tangenziale sulla sezione resistente della gola, nella sua posizione effettiva, perpendicolare all'asse del cordone;
- τ_{\parallel} tensione tangenziale sulla sezione resistente della gola, nella sua posizione effettiva, parallela all'asse del cordone;
- σ_{\parallel} tensione normale alla sezione trasversale del cordone e parallela al suo asse



La tensione normale σ_{\parallel} non influenza la sezione resistente del cordone e non viene considerata nelle verifiche.

Allo stato limite ultimo, le azioni di calcolo sui cordoni d'angolo, si considerano distribuite uniformemente sulla sezione di gola (punto 4.2.8.2.4 NTC)

5.4.3.1 Condizioni di resistenza sulla sezione in posizione effettiva

Calcolate le tensioni $\sigma_{\perp}, \tau_{\perp}, \tau_{\parallel}$, si assume come verifica di resistenza: che sia soddisfatta la seguente condizione:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} \quad (5.5)$$

f_{tk} è la resistenza a rottura del più debole degli elementi dell'unione saldati;

γ_{M2} è il coefficiente di sicurezza che dipende dal tipo di unione. Per le saldature a cordone d'angolo:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

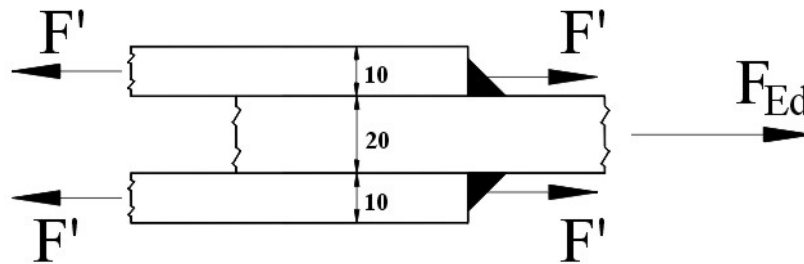
β è il coefficiente che tiene conto del tipo di acciaio degli elementi in unione. Si ha:

Tabella 5.8

Acciaio	β
S235	0,85
S275	0,9
S355	1
S420	1
S460	1

Esempio 1

Fig.5.46

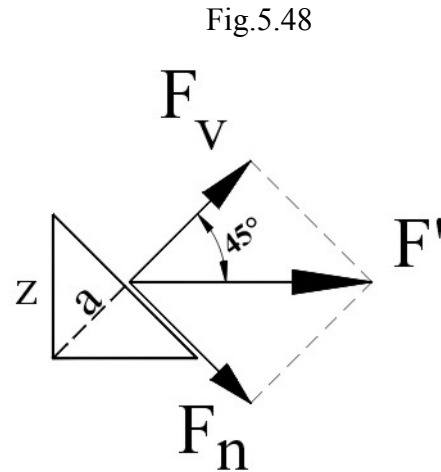
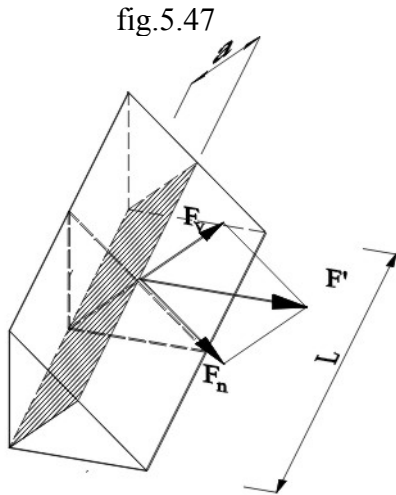


Determinare la dimensione minima della sezione dei cordoni di saldatura d'angolo dell'unione schematizzata in figura Fig. 6.46, verificando così la possibilità dell'unione.

Sforzo di progetto $F_{Ed} = 500 \text{ kN}$
 Lunghezza del cordone $L = 200 \text{ mm}$
 Lamiera acciaio S 275

Sforzo di progetto su un corrente di 10 mm di spessore:

$$F' = \frac{F_{Ed}}{2} \quad (1e.1)$$



Sulla sezione resistente di gola, in posizione effettiva, per effetto della forza F' , si ottengono due componenti:

F_N componente normale alla sezione di gola;

F_V componente tangenziale di taglio alla sezione di gola;

La sezione prevista è un triangolo rettangolo isoscele

$$F_N = F_V = F' \cdot \cos 45^\circ = \frac{F'}{\sqrt{2}}$$

sostituendo la (1e.1)

$$F_N = F_V = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot \sqrt{2}} \quad (1e.2)$$

Si ottengono le tensioni normali e tangenziali

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_N}{A_w} \quad (1e.3)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_V}{A_w} \quad (1e.4)$$

$$\tau_{\parallel} = 0 \quad (1e.5)$$

Sezione resistente di gola nella posizione effettiva:

$$A_w = a \cdot L \quad (1e.6)$$

sostituendo nelle (1e.3) e (1e.4) si ha:

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{2\sqrt{2} \cdot a \cdot L} \quad (1e.6)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{2\sqrt{2} \cdot a \cdot L} \quad (1e.7)$$

Per determinare la dimensione minima della sezione di gola " a_{min} ", nella sua posizione effettiva, si pone la condizione limite di resistenza.

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

con $\tau_{\parallel} = 0$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} = \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} \quad (1e.8)$$

si ha:

acciaio S 275

$$f_{tk} = 430 \frac{N}{mm^2} = 43 \frac{kN}{mm^2}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\beta = 0,9$$

$$L = 200 \text{ mm}$$

Sostituendo nella (1e.8)

$$\sqrt{\frac{F_{Ed}^2}{4 \cdot 2 \cdot a_{min}^2 \cdot L^2} + 3 \cdot \frac{F_{Ed}}{4 \cdot 2 \cdot a_{min}^2 \cdot L^2}} = \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} \quad \sqrt{\frac{4F_{Ed}^2}{4 \cdot 2 \cdot a_{min}^2 \cdot L^2}} = \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\frac{F_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_{min} \cdot L} = \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

da cui si ricava la dimensione minima di gola a_{min} :

$$a_{min} = \frac{F_{Ed} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}}{\sqrt{2} \cdot L \cdot f_{tk}} \quad a_{min} = \frac{500 \cdot 0,9 \cdot 1,25}{\sqrt{2} \cdot 20 \cdot 43}$$

$$a_{min} = 0,46 \text{ cm}$$

Consideriamo la dimensione di gola del cordone

$$a = 5 \text{ mm}$$

Il lato interno "z" della sezione del cordone risulta

$$z_{min} = \frac{a}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2} \cdot a = \sqrt{2} \cdot 5$$

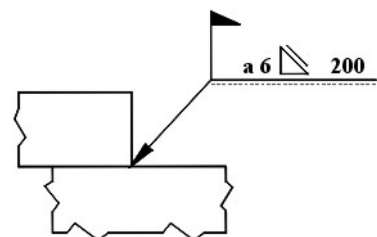
$$z_{min} = 7,07 < 10 \text{ mm}$$

È quindi possibile eseguire un cordone d'angolo, con lato interno inferiore allo spessore di 10 mm della lamiera da saldare.

Scegliamo, con margine di sicurezza, il cordone d'angolo con $a = 6 \text{ mm}$

$$z = \sqrt{2} \cdot a \quad z = \sqrt{2} \cdot 6$$

$$z = 8,48 \text{ mm}$$



5.4.3.1 Criterio semplificato della condizione di resistenza

In alternativa alla condizione di resistenza considerata sulla sezione di gola, nella sua posizione effettiva, si può utilizzare la seguente condizione semplificata e cautelativa.

Indichiamo con $F_{w,Ed}$ la forza di calcolo che sollecita la lunghezza unitaria del cordone di saldatura (in $\frac{kN}{cm^2}$ o $\frac{N}{mm^2}$):

$$F_{w,Ed} = \frac{F_{Ed}}{L} \quad (5.6)$$

la resistenza di calcolo per unità di lunghezza è espressa dalla relazione:

$$F_{w,Rd} = \frac{f_{tk} \cdot a}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} \quad \left[\frac{kN}{cm^2} \cdot cm = \frac{kN}{cm} \right] \quad (5.7)$$

Dove f_{tk} è la tensione caratteristica a rottura del cordone, pari al più debole degli elementi da unire.

-----o-----

Nota

Si noti che il carico di rottura della sezione resistente del cordone di ampiezza di gola "a", per l'intera lunghezza L dell'unione, è:

$$f_{tk} \cdot a \cdot L$$

il carico di rottura sull'unità di lunghezza è:

$$\frac{f_{tk} \cdot a \cdot L}{L} = f_{tk} \cdot a$$

La tensione resistente di calcolo per l'unità di lunghezza è prescritta come una frazione di $f_{tk} \cdot a$ secondo i coefficienti β, γ_{M2} .

La $\sqrt{3}$ al denominatore della (5.7) sta ad indicare che, nel calcolo, si considera un'unica tensione massima equivalente di taglio τ_{max} , distribuita sulla sezione del cordone e che rispetti la condizione di resistenza (5.5)

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

La condizione limite con un'unica tensione di taglio massimo $\tau_{max} = \tau_{\perp} - \sigma_{\perp} = 0, \tau_{\parallel} = 0$ risulta:

$$\sqrt{0 + 3 \cdot (\tau_{max}^2 + 0)} = \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} \quad \sqrt{3} \cdot \tau_{max} = \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\tau_{max} = \frac{f_{tk}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} \quad \left[\frac{kN}{cm^2} \right]$$

lo sforzo massimo resistente per la sezione $a \cdot L$ è:

$$F_{max,Rd} = \tau_{max} \cdot a \cdot L$$

la forza resistente $F_{w,Rd}$ per unità di lunghezza è:

$$F_{w,Rd} = \frac{F_{max,Rd}}{L} \quad F_{w,rd} = \frac{\tau_{max} \cdot a \cdot L}{L} \quad F_{w,rd} = \tau_{max} \cdot a$$

sostituendo τ_{max} si ha:

$$F_{w,Rd} = \frac{f_{tk} \cdot a}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}}$$

-----o-----

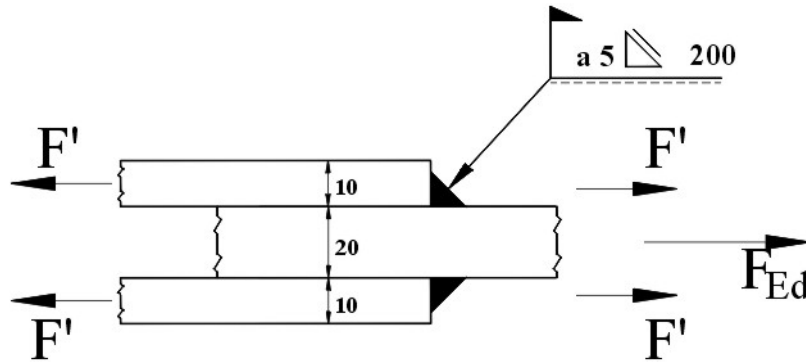
La condizione di resistenza semplificata è espressa dalla limitazione:

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} \leq 1$$

Esempio 1

Si esegua la verifica di resistenza semplificata dei cordoni di saldatura dell'unione precedentemente considerata nel precedente esempio, con la dimensione minima di gola individuata $a = 5 \text{ mm}$

Fig.5.50



Acciaio S 275

$$f_{tk} = 430 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{Ed} = 500 \text{ kN}$$

$$a = 5 \text{ mm} = 0,5 \text{ cm}$$

$$L = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

Forza di calcolo sul cordone

$$F'_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} \qquad F'_{Ed} = \frac{500}{2}$$

$$F'_{Ed} = 250 \text{ kN}$$

Forza di calcolo per unità di lunghezza del cordone:

$$F_{w,Ed} = \frac{F'_{Ed}}{L} \qquad F_{w,Ed} = \frac{250}{200}$$

$$F_{w,Ed} = 12,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Resistenza di calcolo per unità di lunghezza del cordone:

$$F_{w,Rd} = \frac{f_{tk} \cdot a}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} \quad F_{w,Rd} = \frac{43 \cdot 0,5}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25}$$

$$F_{w,Rd} = 11 \text{ kN}$$

Verifica:

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{12,5}{11} > 1$$

Secondo il criterio semplificato di resistenza, il cordone della saldatura dell'unione, calcolato con il precedente criterio, non è verificato.

Ciò è spiegabile con il fatto che la verifica condotta con il criterio semplificato è cautelativa.

Infatti nella verifica con il precedente criterio, lo sforzo sulla sezione del cordone è decomposta in uno normale e in uno di taglio e, nella relazione di verificata, la tensione normale compare con coefficiente unitario " σ_{\perp}^2 ", mentre la tensione di taglio ha coefficiente 3; " $3 \cdot \tau^2$ ". Invece nel criterio semplificato tutto lo sforzo è considerato di taglio la cui tensione τ ha coefficiente 3: " $3 \cdot \tau^2$ "

Così calcoliamo l'altezza minima di gola "a" secondo la condizione di resistenza semplificata.

Nella condizione limite deve essere:

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} = 1 \quad F_{w,Ed} = F_{w,Rd} \quad \text{con} \quad F_{w,Rd} = \frac{f_{tk} \cdot a_{min}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$F_{w,Ed} = \frac{f_{tk} \cdot a_{min}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} \quad (2e.1)$$

dove, nel caso in esame, la forza di calcolo per unità di lunghezza $F_{w,Ed}$ è:

$$F_{w,Ed} = \frac{F'_{Ed}}{L} \quad \text{con} \quad F'_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{2}$$

$$F_{w,Ed} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot L} \quad (2e.2)$$

sostituendo la (2e.2) nella (2e.1) si può determinare l'altezza minima di gola:

$$\frac{F_{Ed}}{2 \cdot L} = \frac{f_{tk} \cdot a_{min}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{da cui:}$$

$$a_{min} = \frac{F_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}}{2 \cdot L \cdot f_{tk}} \quad a = \frac{500 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25}{2 \cdot 20 \cdot 43}$$

$$a_{min} = 6 \text{ mm}$$

con margine di sicurezza si pone

$$a = 7 \text{ mm}$$

l'altezza del lato interno di gola è

$$z = a \cdot \sqrt{2} \qquad z = 7 \cdot \sqrt{2}$$

$$z = 9,89 \text{ mm} < 10 \text{ mm spessore lamiera}$$

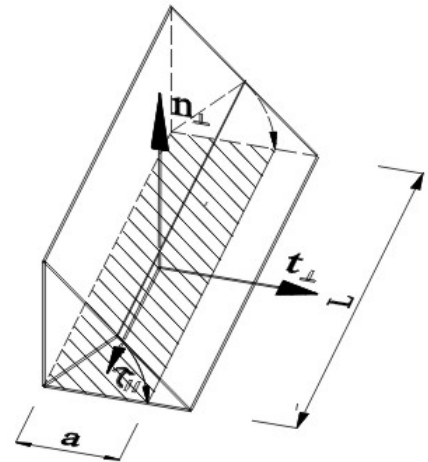
5.4.3.2 Criterio di resistenza del cordone sulla sezione in posizione ribaltata

Fig.5.51

Per la verifica di resistenza del cordone si può considerare, come sezione resistente, quella ottenuta, ribaltando la sezione di posizione effettiva su uno dei lati interni del cordone, come rappresentato in figura Fig.5.51.

Sulla sezione ribaltata, tratteggiata in figura, si considerano le seguenti tensioni:

- n_{\perp} - tensione normale alla sezione resistente ribaltata e normale all'asse del cordone;
- t_{\perp} - tensione tangenziale sulla sezione resistente ribaltata e perpendicolare all'asse del cordone;
- τ_{\parallel} - tensione tangenziale sulla sezione resistente ribaltata e parallela all'asse del cordone.



Verifica di resistenza

Per la verifica di resistenza devono essere rispettate le seguenti condizioni limiti:

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases} \quad (5.8)$$

dove:

f_{yk} - è la tensione caratteristica di snervamento del più debole degli elementi dell'unione;

β_1, β_2 - sono coefficienti dipendenti dal tipo di acciaio.

	S 235	S 275 S 355	S 420 S 460
β_1	0,85	0,7	0,62
β_2	1	0,85	0,75

Esempio 3

L'appoggio di una mensola, saldata all'estremità di una piastra di attacco, sopporta un carico distribuito con:

$$\text{carico lineare permanente: } g_k = 65 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{carico lineare variabile } q_k = 77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Fig.5.52

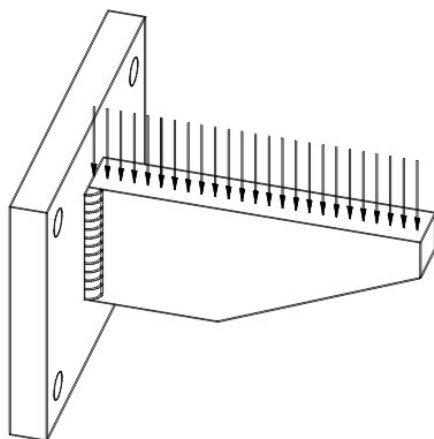
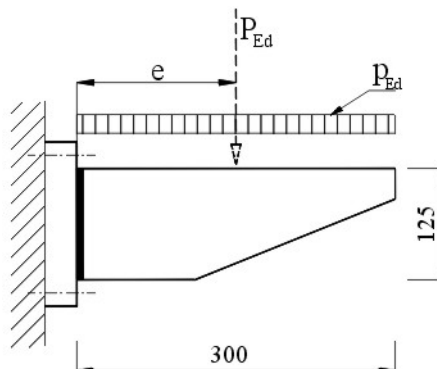


Fig.5.53



Dimensionare il cordone di saldatura con verifica allo stato limite.

Acciaio S 275

Carico lineare di progetto p_{Ed}

$$p_{Ed} = 1,3 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k$$

$$p_{Ed} = 1,3 \cdot 65 + 1,5 \cdot 77$$

$$p_{Ed} = 200 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

calcolando le distanze in cm

$$p_{Ed} = 2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Dimensionamento dello spessore del supporto mensola

Applicando il metodo elastico (E), applicabile per tutte le classi di sezione (cautelativo rispetto al metodo plastico), si effettua un dimensionamento di massima a flessione.

Carico totale di progetto

$$P_{Ed} = p_{Ed} \cdot l \quad \text{con} \quad l = 30 \text{ cm}$$

$$P_{Ed} = 2 \cdot 30$$

$$P_{Ed} = 60 \text{ kN}$$

Momento massimo di progetto

$$M_{Ed} = P_{Ed} \cdot e \quad e = \frac{l}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 60 \cdot 15$$

$$M_{Ed} = 900 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad (3e.1)$$

Criterio di resistenza

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Nella condizione limite si ha:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = 1$$

$$M_{Ed} = M_{c,Rd} \quad (3e.2)$$

Il momento resistente elastico $M_{c,Rd}$ è:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad (3e.3)$$

sostituendo nella (2e.2) si ha:

$$M_{Ed} = \frac{W_{el} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad \text{da cui:}$$

$$W_{el} = \frac{M_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_{yk}}$$

con:

$$M_{Ed} = 900 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

$$f_{yk} = 27,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$W_{el} = \frac{900 \cdot 1,05}{27,5}$$

$$W_{el} = 34,4 \text{ cm}^3$$

Per la sezione rettangolare si ha:

$$W_{el} = \frac{1}{6} \cdot t \cdot h^2 \quad \text{da cui:}$$

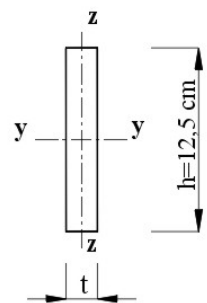
$$t = \frac{6 \cdot W_{el}}{h^2} \quad t = \frac{6 \cdot 34,4}{12,5^2}$$

$$t = 1,3 \text{ cm}$$

tenendo conto che vi può anche essere l'effetto del taglio, si assume:

$$t = 15 \text{ mm}$$

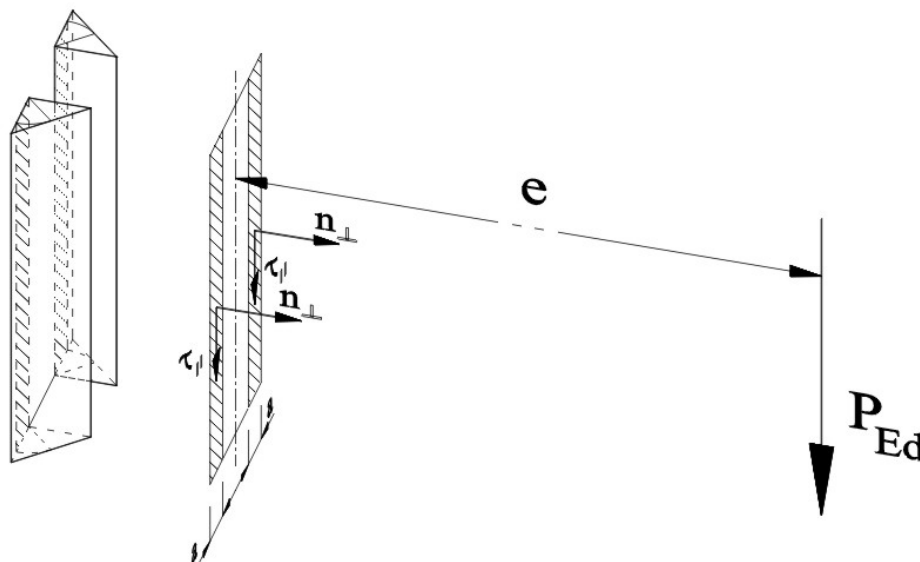
Fig.5.54



Dimensionamento del cordone d'angolo

Si considera la sezione resistente nella posizione ribaltata, da quella effettiva, sul lato interno del cordone, in corrispondenza della piastra d'attacco.

Fig.5.55



Il criterio di resistenza è dato dalle seguenti due limitazioni sulle tensioni di sforzo normale e di taglio:

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases} \quad (3e.4)$$

Per un dimensionamento di massima, consideriamo solamente la condizione 1 al limite di verifica, a cui corrisponde l'altezza di gola minima a_{min}

$$\sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} \quad (3e.5)$$

nel caso in esame è:

$$t_{\perp} = 0$$

la condizione limite è, quindi:

$$\sqrt{n_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} \quad (2e.6)$$

Tensione normale n_{\perp}

La tensione normale n_{\perp} è determinata dal momento flettente sulla sezione ribaltata (fig.5.55)

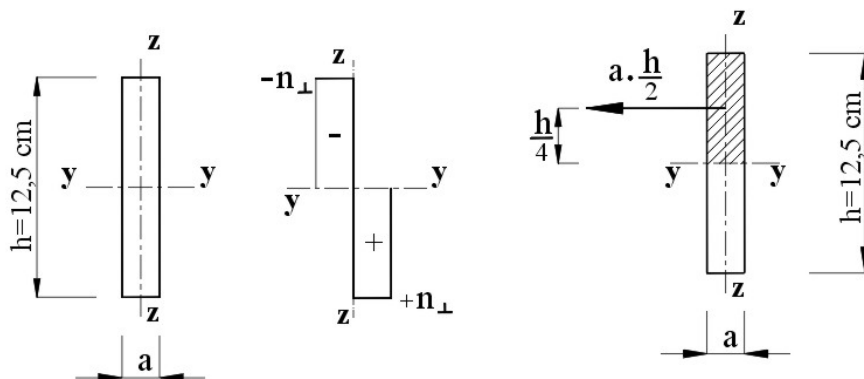
$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot e$$

Allo stato limite ultimo le azioni di calcolo sul cordone d'angolo si considerano uniformemente distribuite sulla sezione di gola (punto 4.2.8.2.4 NTC)

Per la flessione si considera il metodo plastico con l'utilizzo del modulo di resistenza plastico W_{pl} :

$$W_{pl} = 2 \cdot S_y$$

Fig.5.56



Dove S_y è il momento statico della sezione resistente, al di sopra o al di sotto dell'asse neutro (baricentrico), e calcolato rispetto a questo.

$$S_y = a \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{4}$$

$$S_y = \frac{a \cdot h^2}{8}$$

Modulo di resistenza plastico:

$$W_{y,pl} = 2 \cdot S_y$$

$$W_{y,pl} = 2 \cdot \frac{a \cdot h^2}{8}$$

$$W_{y,pl} = \frac{1}{4} \cdot a \cdot h^2$$

Tensione normale n_{\perp}

$$n_{\perp} = \frac{M_{Ed}}{W_{y,pl}}$$

$$n_{\perp} = \frac{F_{Ed} \cdot e}{2 \cdot W_{y,pl}}$$

$$n_{\perp} = \frac{F_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot a \cdot h^2}$$

$$n_{\perp} = 2 \cdot \frac{F_{Ed} \cdot e}{a \cdot h^2}$$

Tensione tangenziale τ_{\parallel} parallela all'asse del cordone

Considerando la distribuzione uniforme della tensione di taglio sulla sezione di gola ribaltata, si ha:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a \cdot h}$$

Sostituendo nella (2e.6) condizione del criterio 1 al limite di resistenza a cui corrisponde l'altezza minima di gola a_{min} :

$$\sqrt{n_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_I \cdot f_{yk} \quad \sqrt{\left(2 \cdot \frac{F_{Ed} \cdot e}{a_{min} \cdot h^2}\right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{2 \cdot a_{min} \cdot h}\right)^2} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

$$\sqrt{\frac{4 \cdot F_{Ed}^2 \cdot e^2}{a_{min}^2 \cdot h^4} + \frac{F_{Ed}^2}{4 \cdot a_{min}^2 \cdot h^2}} = \beta_I \cdot f_{yk} \quad \frac{F_{Ed}}{a_{min}} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot e^2}{h^4} + \frac{1}{4 \cdot h^2}} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

$$a_{min} = \frac{F_{Ed}}{\beta_I \cdot f_{yk}} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot e^2}{h^4} + \frac{1}{4 \cdot h^2}}$$

Per l'acciaio S 275 è: $\beta_I = 0,7$

$$a_{min} = \frac{60}{0,7 \cdot 27,5} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 15^2}{12,5^4} + \frac{1}{4 \cdot 12,5^2}}$$

$$a_{min} = 0,62 \text{ cm}$$

Assumiamo:

$$a = 0,7 \text{ cm} \quad a = 7 \text{ mm}$$

lato di gola:

$$z = a \cdot \sqrt{2} \quad z = 7 \cdot \sqrt{2}$$

$$z \cong 9 \text{ mm} < 15 \text{ spessore del supporto}$$

Osservazione

Cautelativamente, per la determinazione della tensione normale n_{\perp} , dovuta al momento flettente, può essere usato l'andamento lineare elastico delle tensioni, impiegando il modulo di resistenza elastico W_{el} .

Si determina la tensione normale massima, che si considera, poi, uniformemente distribuita sulla sezione $n_{\perp max} \cong n_{\perp}$

Ovviamente ciò corrisponde ad una condizione molto più severa della realtà, ma è a favore della sicurezza. Basti pensare che, in realtà, quando nel bordo estremo la tensione normale è massima la tensione di taglio è nulla.

$$n_{\perp} = n_{\perp max} = \frac{M_{Ed}}{W_{y,el}}$$

con il modulo di resistenza elastico della sezione rettangolare:

$$W_{y,el} = \frac{1}{6} \cdot a \cdot h^2$$

$$n_{\perp} = \frac{F_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{I}{6} \cdot a \cdot h^2}$$

$$n_{\perp} = 3 \cdot \frac{F_{Ed} \cdot e}{a \cdot h^2}$$

Condizione 1 al limite di resistenza, a cui corrisponde l'altezza minima di gola a_{min} :

$$\sqrt{n_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} \qquad \sqrt{\frac{9 \cdot F_{Ed}^2 \cdot e^2}{a_{min}^2 \cdot h^4} + \frac{F_{Ed}^2}{4 \cdot a_{min}^2 \cdot h^2}} = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

$$\frac{F_{Ed}}{a_{min}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot e^2}{h^4} + \frac{1}{4 \cdot h^2}} = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

da cui:

$$a_{min} = \frac{F_{Ed}}{\beta_1 \cdot f_{yk}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot e^2}{h^4} + \frac{1}{4 \cdot h^2}}$$

con:

$$f_{yk} = 27,5 \frac{kN}{cm^2} \qquad \text{acciaio S 275}$$

$$\beta_1 = 0,7 \qquad \text{acciaio S 275}$$

$$e = 15 \text{ cm}$$

$$h = 12,5 \text{ cm}$$

$$F_{Ed} = 60 \text{ kN}$$

$$a_{min} = \frac{60}{0,7 \cdot 27,5} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 15^2}{12,5^4} + \frac{1}{4 \cdot 12,5^2}}$$

$$a_{min} = 0,9 \text{ cm} = 9 \text{ mm}$$

lato interno gola:

$$z = a_{min} \cdot \sqrt{2} \qquad z = 9 \cdot \sqrt{2}$$

$$z = 13 \text{ mm}$$

Come già specificato l'andamento lineare elastico è cautelativo. Si assume:

$a = 7 \text{ mm}$ ottenuto con il metodo, plastico

5.5 Sollecitazioni sui cordoni d'angolo a seconda delle azioni sulle unioni

Le sollecitazioni sui cordoni dipendono dalla posizioni di essi rispetto alle azioni.

5.5.1 Cordoni paralleli all'azione di uno sforzo F

Si considerino le verifiche da eseguire sui due cordoni di saldatura d'angolo di figura Fig.5.57, sollecitati da uno sforzo di progetto F_{Ed}

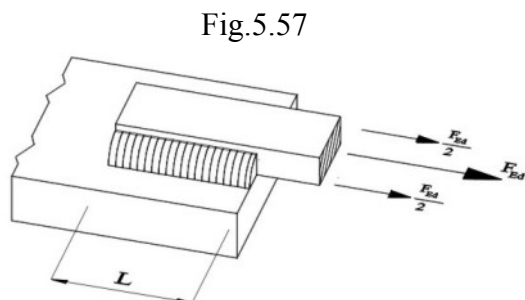


Fig.5.57

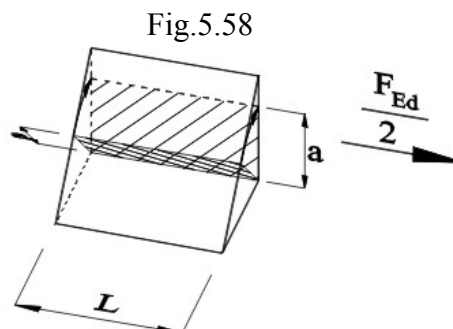


Fig.5.58

Lo sforzo su un cordone è:

$$\frac{F_{Ed}}{2}$$

Come già precedentemente specificato (punto 4.2.8.2.4 norme NTC) le tensioni si considerano uniformemente distribuite sulla sezione del cordone, di altezza di gola "a", posta nella sua posizione effettiva o ribaltata su un lato interno della gola.

Nella situazione in esame, in tutte e due le ipotesi della posizione della sezione, lo sforzo $\frac{F_{Ed}}{2}$ si distribuisce in essa, determinando una tensione tangenziale $\tau_{||}$ parallela all'asse del cordone:

$$\tau_{||} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{1}{a \cdot L} \quad (5.9)$$

Considerata la tensione, distribuita sulla sezione, nella sua posizione effettiva (normale allato esterno del cordone), per la condizione di resistenza deve risultare:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} \leq \frac{f_{yk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

per

$$\sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\perp} = 0$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{||}^2} \leq \frac{f_{yk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} \quad (5.10)$$

Considerata, invece, la tensione distribuita sulla sezione ribaltata su un lato del cordone, per la condizione di resistenza deve risultare:

per

$$n_{\perp} = 0$$

$$t_{\perp} = 0$$

$$\sqrt{\tau_{||}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \quad (5.11)$$

Esempio 4

Si prenda in esame il tirante considerato nell'esempio "Esempio 2.1", figura Fig.2.4.

Il fissaggio del tirante, sul fazzoletto d'unione con il corrente, si effettui attraverso la saldatura invece della bullonatura.

La saldatura è eseguita con due cordoni, su ciascun angolare, con assi paralleli allo sforzo di trazione.

Dati:

sforzo di trazione di progetto

$$N_{Ed} = 220 \text{ kN}$$

tipo, di acciaio

S 275

tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yk} = 27,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

tensione caratteristica di rottura

$$f_{tk} = 43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

profilato angolare $\angle 60 \times 4$

area dell'angolare

$$A = 4,71 \text{ cm}^2$$

spessore angolare

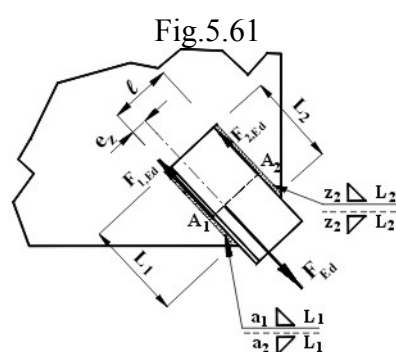
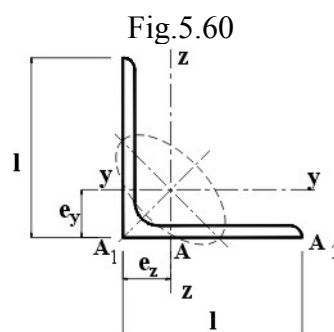
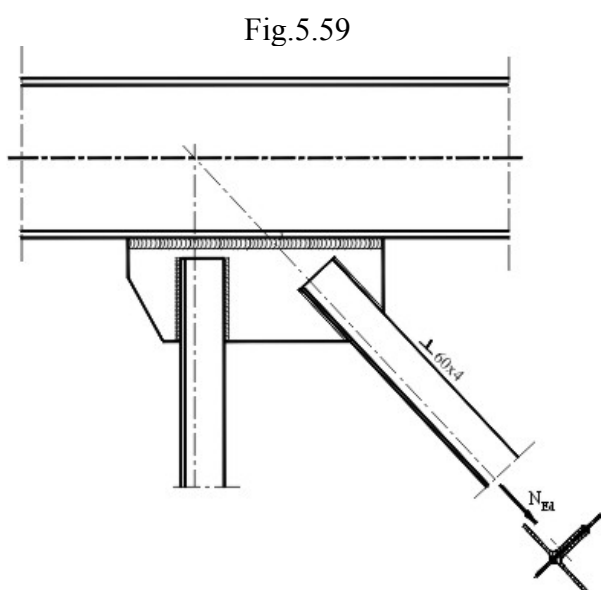
$$s = 4 \text{ cm}$$

larghezza angolare

$$l = 6 \text{ cm}$$

posizione asse z

$$e_z = 1,6 \text{ cm}$$



Lo sforzo di progetto di trazione N_{Ed} si scarica sui due angolari, in due sforzi uguali di progetto F_{Ed} , sui rispettivi assi, ciascuno distante e_z dal lato A_1 .

Lo sforzo F_{Ed} , sul singolo angolare, è equilibrato dai due sforzi di reazione $F_{1,Ed}$, $F_{2,Ed}$, forniti, rispettivamente, dai cordoni di saldatura A_1 , A_2 .

Lo sforzo di reazione $F_{1,Ed}$, più vicino a F_{Ed} , risulterà maggiore di quello più lontano $F_{2,Ed}$.

Per l'equilibrio del sistema di forze deve essere:

$$\begin{cases} \sum F = 0 \\ \sum M = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} F_{Ed} - F_{1,Ed} - F_{2,Ed} = 0 & 1^\circ \\ F_{1,Ed} \cdot l - F_{Ed} \cdot (l - e_z) = 0 & 2^\circ \text{ momento rispetto } A_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_{2,Ed} = F_{Ed} - F_{1,Ed} & 1^\circ \\ F_{1,Ed} = \frac{l - e_z}{l} \cdot F_{Ed} & 2^\circ \end{cases}$$

Sostituendo si ha:

$$F_{1,Ed} = \frac{6 - 1,6}{6} \cdot 220$$

$$F_{1,Ed} = 161 \text{ kN} \quad (4e.1)$$

$$F_{2,Ed} = 220 - 161$$

$$F_{2,Ed} = 59 \text{ kN} \quad (4e.2)$$

Si vogliono ora determinare le dimensioni limiti dei due cordoni, nelle rispettive lunghezze L_1, L_2 , e altezze di gola e_1, e_2 che soddisfano le condizioni di resistenza.

Gli sforzi sono paralleli ai cordoni. Si ha quindi su un cordone, sia sulla sua sezione in posizione effettiva sia in quella ribalta su un lato interno, la sola tensione tangenziale τ_{\parallel} .

Consideriamo, per il progetto di massima, la sollecitazione sulla sezione ribaltata su uno dei lati interni della gola.

Per il dimensionamento si può procedere in due maniere:

- 1° fissare le altezze di gola (a_1, a_2) dei due cordoni e determinare le loro rispettive lunghezze L_1, L_2 che soddisfano le condizioni di resistenza;
- 2° fissare le lunghezze dei due cordoni (L_1, L_2) e determinare le rispettive altezze di gola a_1, a_2 che soddisfano le condizioni di resistenza

Procediamo con il primo metodo.

Nel caso in esame, nel dimensionamento del cordone A_2 , si è vincolati alla massima dimensione del lato "z" della sezione di gola, che non può essere superiore allo spessore "s = 4 mm" dell'angolare.

Si pone $z = s$

$$z_2 = 4 \text{ mm} \quad \text{da cui} \quad a_2 = \frac{z}{\sqrt{2}} \quad a_2 = \frac{4}{\sqrt{2}}$$

$$a_2 = 2,8 \text{ mm}$$

La condizione limite di resistenza sulla sezione ribaltata del cordone è:

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

Nel caso in esame è:

$$n_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\perp} = 0$$

La condizione limite di resistenza si riduce alla condizione:

$$\sqrt{\tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} \quad \tau_{\parallel} = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

Per l'acciaio S 275 è: $\beta_1 = 0,7$

$$\tau_{\parallel} = 0,7 \cdot 27,5$$

$$\tau_{\parallel} = 19,25 \frac{kN}{cm^2}$$

Considerando, come da normativa, la tensione uniformemente distribuita sulla sezione resistente, sul cordone 1 risulta:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{2,Ed}}{a_2 \cdot L_2} \quad (4e.3)$$

da cui:

$$L_2 = \frac{F_{2,Ed}}{\tau_{\parallel} \cdot a_2} \quad L_2 = \frac{59}{19,5 \cdot 0,28}$$

$$L_2 = 11 \text{ cm} = 110 \text{ mm}$$

Sul cordone 1, mantenendo la stessa altezza di gola " $a_1 = a_2$ ", si ha:

$$L_1 = \frac{F_{1,Ed}}{\tau_{\parallel} \cdot a} \quad L_1 = \frac{161}{19,5 \cdot 0,28}$$

$$L_1 = 30 \text{ cm} = 300 \text{ mm}$$

La lunghezza L_1 è un po' elevata; si può diminuire aumentando la sezione di gola, che, nel cordone A_2 , non è vincolata allo spessore dell'angolare.

Si fissa così:

$$L_2 = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,Ed}}{a_1 \cdot L_1}$$

da cui:

$$a_1 = \frac{F_{1,Ed}}{\tau_{\parallel} \cdot L_1} \quad a_1 = \frac{161}{19,5 \cdot 20}$$

$$a_1 = 0,4 \text{ cm} = 4 \text{ mm}$$

$$z = a_1 \cdot \sqrt{2} \quad z_1 = 4 \cdot \sqrt{2}$$

$$z_1 = 0,55 \text{ cm} = 5,5 \text{ mm}$$

Per avere un margine di sicurezza, si assumono cordoni con lunghezza leggermente superiore a quella corrispondente al limite

$$\text{saldatura cordone } A_1 \quad a_4 \triangle 210$$

$$\text{saldatura cordone } A_2 \quad Z_4 \triangle 115$$

Verifiche

La verifica del cordone sulla sezione ribaltata risulterà ovviamente positiva, avendo assunto sezioni superiori al limite di resistenza. Per esercizio eseguiamo la verifica della sezione del cordone nella sua posizione effettiva.

Deve essere:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

per:

$$\sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\perp} = 0$$

$$\sqrt{3 \cdot (\tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} \quad \tau_{\parallel} \leq \frac{f_{tk}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}}$$

con

Acciaio S 275

$$f_{tk} = 43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\beta = 0,9$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\frac{f_{tk}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} = \frac{43}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25}$$

$$\frac{f_{tk}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} = 22 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Verifica cordone A_1

$$a_1 = 0,4 \text{ cm}$$

$$L_1 = 21 \text{ cm}$$

Considerando come al solito la tensione di taglio τ_{\parallel} prodotta dallo sforzo $F_{1,Ed} = 161 \text{ kN}$ uniformemente distribuita sulla sezione, si ha:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,Ed}}{a_1 \cdot L_1} \quad \tau_{\parallel} = \frac{161}{0,4 \cdot 21}$$

$$\tau_{\parallel} = 19,2 \frac{kN}{cm^2}$$

Risulta:

$$\tau_{\parallel} = 19,2 \frac{kN}{cm^2} \leq \frac{f_{tk}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} = 22 \frac{kN}{cm^2}$$

La verifica è positiva

Verifica cordone A_2

$$z_2 = 0,4 \text{ cm}$$

$$L_2 = 11,5 \text{ cm}$$

$$a_2 = \frac{z}{\sqrt{2}}$$

$$a_2 = \frac{0,4}{\sqrt{2}}$$

$$a_2 = 0,28 \text{ cm}$$

Considerando come al solito la tensione di taglio τ_{\parallel} prodotta dallo sforzo $F_{2,Ed} = 59 \text{ kN}$ uniformemente distribuita sulla sezione, si ha:

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,Ed}}{a_1 \cdot L_1}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{59}{0,28 \cdot 11,5}$$

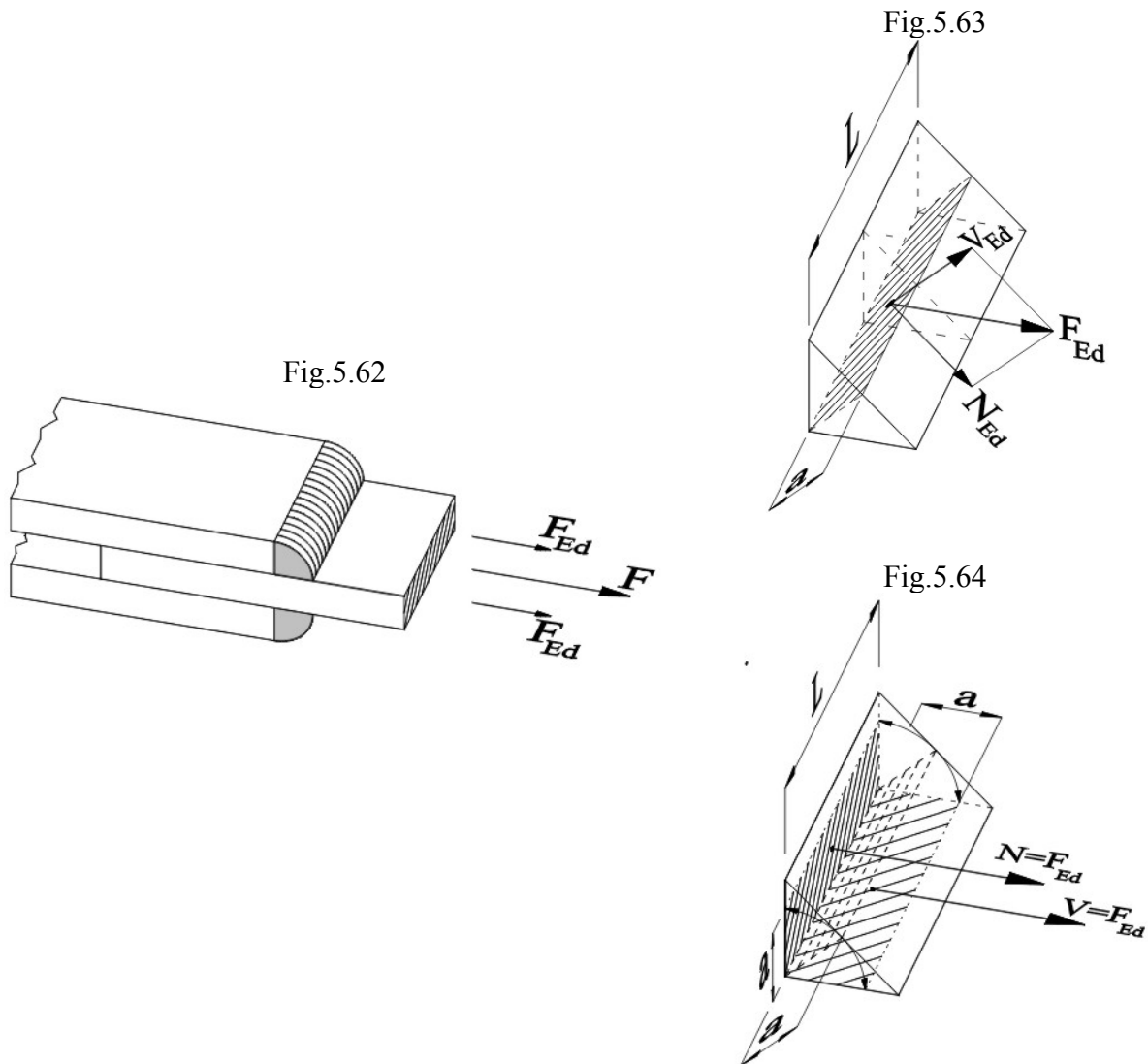
$$\tau_{\parallel} = 18,32 \frac{kN}{cm^2}$$

Risulta:

$$\tau_{\parallel} = 18,32 \frac{kN}{cm^2} \leq \frac{f_{tk}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} = 22 \frac{kN}{cm^2}$$

La verifica è positiva

5.5.2 Cordonni ortogonali all'azione di uno sforzo F



Consideriamo le due saldature ortogonali alla forza F .
La forza di progetto su un cordone è:

$$F_{Ed} = \frac{F}{2}$$

Per il dimensionamento e per le verifiche del cordone si può considerare la sua sezione, o nella posizione effettiva, normale al lato esterno della gola (Fig. 5.63), oppure nelle due posizioni, rispettivamente, ribaltata sul lato tangente allo sforzo di progetto, ribaltata nel lato normale allo sforzo di progetto (Fig. 5.64)

5.5.2.1 Sollecitazione sulla sezione nella posizione effettiva Fig. 5.63

La forza di progetto F_{Ed} è decomposta nelle due componenti V_{Ed} , N_{Ed} , rispettivamente tangente e normale alla sezione effettiva.

Risulta:

$$V_{Ed} = N_{Ed} = F_{Ed} \cdot \text{sen}45^\circ \qquad V_{Ed} = N_{Ed} = \frac{F}{2} \cdot \text{sen}45^\circ$$

$$\text{Sforzo tangente alla sezione} \quad V_{Ed} = \frac{F}{2 \cdot \sqrt{2}} \quad (5.13)$$

$$\text{Sforzo normale alla sezione} \quad N_{Ed} = \frac{F}{2 \cdot \sqrt{2}} \quad (5.14)$$

Sulla sezione effettiva agiscono, così, due tensioni: una tangenziale, normale all'asse del cordone τ_{\perp} e una normale alla sezione σ_{\perp} .

Tensione tangenziale alla sezione effettiva e normale all'asse del cordone:

$$\tau_{\perp} = \frac{V_{Ed}}{a \cdot L} \quad (5.15)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot L}$$

Tensione normale alla sezione effettiva:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{a \cdot L} \quad (5.16)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot a \cdot L}$$

Condizione di resistenza

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2} \leq \frac{f_{yk}}{\beta \cdot \gamma_{M2}} \quad (5.17)$$

5.5.2.2 Sollecitazione sulla sezione ribaltata sul lato interno normale a F_{Ed}

Lo sforzo di progetto produce uno sforzo normale $N_{Ed} = F_{Ed}$, che, distribuito sulla sezione, determina una tensione normale:

$$n_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{a \cdot L} = \frac{F_{Ed}}{a \cdot L} \quad (5.18)$$

$$n_{\perp} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot L} \quad (5.19)$$

Condizione di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$\tau_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = 0$$

Per il criterio di resistenza devono essere verificate le limitazioni

$$\begin{cases} \sqrt{n_1^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |n_1| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases} \quad (5.20)$$

5.5.2.3 Sollecitazione sulla sezione ribaltata sul lato interno tangente a F_{Ed}

Lo sforzo di progetto produce uno sforzo tangenziale $V_{Ed} = F_{Ed}$, che, distribuito sulla sezione, determina una tensione tangenziale e normale all'asse del cordone:

$$t_{\perp} = \frac{V_{Ed}}{a \cdot L} = \frac{F_{Ed}}{a \cdot L}$$

$$t_{\perp} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot L} \quad (5.21)$$

Per il criterio di resistenza devono essere verificate le limitazioni

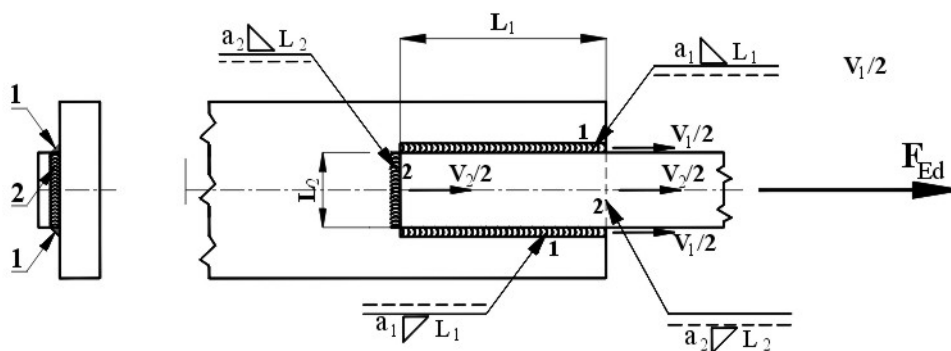
$$\begin{cases} \sqrt{t_{\perp}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases} \quad (5.22)$$

5.5.3 Insieme di cordoni paralleli e normali all'azione di uno sforzo F

Esaminiamo il caso di due coppie di cordoni, una parallela allo sforzo e l'altra in direzione normale.

Per le condizioni di resistenza consideriamo le superfici dei cordoni, ribaltate sui lati interni posti sulla piastra inferiore di attacco.

Fig.5.65



Lo sforzo F_{Ed} si distribuisce sui cordoni proporzionalmente alla loro resistenza.

Sia V_1 la forza totale trasmessa e applicata ai due cordoni "1" paralleli alla forza F_{Ed} e V_2 quella totale sui due cordoni "2" normali a detta forza.

Gli sforzi V_1, V_2 applicati alle sezioni ribaltate sono di taglio, e risulta:

$$V_1 + V_2 = F_{Ed} \quad (5.23)$$

Forze resistenti dei cordoni

Sui due cordoni "1" si ha una tensione di taglio τ_{\parallel} parallela all'asse del cordone.

Sia $\tau_{1,max}$ la tensione resistente di taglio massima del materiale dei cordoni.

Ponendo:

$$\tau_{\parallel} = \tau_{1,max}$$

Lo sforzo di resistenza massimo dei due cordoni “1” sarà:

$$V_{1,c,Rd} = \tau_{1,max} \cdot A_{1,w} \quad (5.24)$$

dove $A_{1,w}$ è la sezione totale dei due cordoni “1”, ribaltata sul lato interno.

Nel caso più usuale che i due cordoni abbiano la stessa altezza di gola a_1 e stessa lunghezza L_1 , risulta:

$$A_{1,w} = 2 \cdot a_1 \cdot L_1 \quad (5.25)$$

Così indicando con $\tau_{2,max}$ la tensione resistente di taglio massima del materiale dei cordoni “2”.

Ponendo:

$$\tau_{\perp} = \tau_{2,max}$$

Lo sforzo di resistenza massimo dei due cordoni “2” sarà:

$$V_{2,c,Rd} = \tau_{2,max} \cdot A_{2,w} \quad (5.26)$$

dove $A_{2,w}$ è la sezione totale dei due cordoni “2”, ribaltata sul lato interno.

Nel caso più usuale che i due cordoni abbiano la stessa altezza di gola a_2 e stessa lunghezza L_2 , risulta:

$$A_{2,w} = 2 \cdot a_2 \cdot L_2 \quad (5.27)$$

Determinazione degli sforzi V_1, V_2

Gli sforzi V_1, V_2 trasmessi ed equilibrati, rispettivamente, dai due cordoni “1” paralleli allo sforzo F_{Ed} e dai due cordoni “2”, posti in direzione ortogonale, risultano proporzionali alle rispettive resistenze $V_{1,c,Rd}, V_{2,c,Rd}$.

$$V_1 : V_2 = V_{1,c,Rd} : V_{2,c,Rd}$$

effettuando il componendo:

$$V_1 : (V_1 + V_2) = V_{1,c,Rd} : (V_{1,c,Rd} + V_{2,c,Rd})$$

da cui:

$$V_1 = (V_1 + V_2) \cdot \frac{V_{1,c,Rd}}{(V_{1,c,Rd} + V_{2,c,Rd})}$$

con:

$$V_1 + V_2 = F_{Ed}$$

si ha:

$$V_1 = F_{Ed} \cdot \frac{V_{1,c,Rd}}{V_{1,c,Rd} + V_{2,c,Rd}}$$

con:

$$V_{1,c,Rd} = \tau_{1,max} \cdot A_{1,w} \quad V_{2,c,Rd} = \tau_{2,max} \cdot A_{2,w}$$

si ha:

$$V_1 = F_{Ed} \cdot \frac{\tau_{1,max} \cdot A_{1,w}}{\tau_{1,max} \cdot A_{1,w} + \tau_{2,max} \cdot A_{2,w}} \quad (5.28)$$

così è:

$$V_2 = F_{Ed} \cdot \frac{\tau_{2,max} \cdot A_{2,w}}{\tau_{1,max} \cdot A_{1,w} + \tau_{2,max} \cdot A_{2,w}} \quad (5.29)$$

con:

F_{Ed}	forza di progetto
V_1	porzione di sforzo comunicato ed equilibrato dai cordoni "1" paralleli allo sforzo di progetto F_{Ed}
V_2	porzione di sforzo comunicato ed equilibrato dai cordoni "2" normali allo sforzo di progetto F_{Ed}
$\tau_{1,max} = \tau_{\parallel}$	tensione ammissibile massima sulle sezioni ribaltate sui lati interni dei cordoni "1" e parallela all'asse di essi.
$A_{1,w}$	sezione totale, ribaltata sui lati interni, dei cordoni "1" con assi paralleli allo sforzo di progetto
$\tau_{2,max} = \tau_{\perp}$	tensione ammissibile massima sulle sezioni ribaltate sui lati interni dei cordoni "2" e normale all'asse di essi.
$A_{2,w}$	sezione totale, ribaltata sui lati interni, dei cordoni "2" con assi normali allo sforzo di progetto

In generale dei cordoni di una salatura sono dello stesso materiale con $\tau_{1,max} = \tau_{2,max}$

Si ha:

$$V_1 = F_{Ed} \cdot \frac{A_{1,w}}{A_{1,w} + A_{2,w}} \quad (5.30)$$

$$V_2 = F_{Ed} \cdot \frac{A_{2,w}}{A_{1,w} + A_{2,w}} \quad (5.31)$$

Le espressioni (5.28), (5.29) valgono in generale con materiali diversi e sezioni diversi dei cordoni

Consideriamo il caso usuale, in cui:

- il materiale utilizzato è lo stesso per tutti i cordoni di saldatura interessati all'unione;
- i cordoni di saldatura, paralleli allo sforzo, hanno la stessa altezza di gola a_1 ;
- i cordoni normali allo sforzo hanno la stessa altezza a_2 .

Si ha:

$$\tau_{1,max} = \tau_{2,max} \quad A_{1,w} = 2 \cdot a_1 \cdot L_1 \quad A_{2,w} = 2 \cdot a_2 \cdot L_2$$

sostituendo nelle (5.28), (5.29) e semplificando si ha:

$$V_1 = F_{Ed} \cdot \frac{2 \cdot a_1 \cdot L_1}{2 \cdot a_1 \cdot L_1 + 2 \cdot a_2 \cdot L_2} \quad V_2 = F_{Ed} \cdot \frac{2 \cdot a_2 \cdot L_2}{2 \cdot a_1 \cdot L_1 + 2 \cdot a_2 \cdot L_2}$$

sforzo sulle due sezioni dei cordoni “1”

$$V_1 = F_{Ed} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} \quad (5.32)$$

sforzo sulle due sezioni dei cordoni “2”

$$V_2 = F_{Ed} \cdot \frac{a_2 \cdot L_2}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} \quad (5.33)$$

Verifiche dei cordoni

Cordoni “1” paralleli allo sforzo di progetto

Lo sforzo di taglio di progetto su un cordone è:

$$V_{1,Ed} = \frac{V_1}{2}$$

questo si considera uniformemente ripartito sulla sezione $a_1 \cdot L_1$. La tensione tangenziale, parallela all’asse del cordone è:

$$\tau_{||} = \frac{V_{1,Ed}}{a_1 \cdot L_1} \quad \tau_{||} = \frac{V_1}{2 \cdot a_1 \cdot L_1}$$

sostituendo la (5.32)

$$\tau_{||} = \frac{1}{2 \cdot a_1 \cdot L_1} \cdot F_{Ed} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2}$$

$$\tau_{||} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a_1 L_1 + 2 \cdot a_2 \cdot L_2}$$

ma:

$$2 \cdot a_1 \cdot L_1 + 2 \cdot a_2 \cdot L_2 = A_{1,w} + A_{2,w} = A_w$$

dove A_w è la sezione di tutti i cordoni ribaltati sui lati interni, posti sulla piastra d’attacco. Alla fine si ha:

$$\tau_{||} = \frac{F_{Ed}}{A_w} \quad (5.34)$$

con:

$$A_w = A_{1,w} + A_{2,w} \quad (5.35)$$

La forza di progetto F_{Ed} determina una forza di taglio uniformemente distribuita su tutte le sezioni dei cordoni ribaltate sui lati posti nella piastra d’attacco.

Condizione di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{||}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$\tau_{\perp} = 0$$

$$n_{\perp} = 0$$

Si deve verificare la limitazione:

$$\sqrt{\tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \qquad |\tau_{\parallel}| \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$$

Cordoni "2" normali allo sforzo di progetto

Lo sforzo di taglio di progetto su un cordone è:

$$V_{2,Ed} = \frac{V_2}{2}$$

questo si considera uniformemente ripartito sulla sezione $a_2 \cdot L_{12}$.

Con lo stesso ragionamento si ottiene:

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{A_w}$$

per:

$$\tau_{\parallel} = 0$$

$$n_{\perp} = 0$$

Si deve verificare la limitazione:

$$\begin{cases} \sqrt{t_{\perp}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases}$$



Indietro...

[Clic per la pagina precedente](#)



Avanti...

[Clic per proseguire](#)



Indietro...

[Clic per tutti i file VI parte](#)