

SISTEMI DI COLLEGAMENTO

Si pone in generale il problema di collegare fra loro i profilati e le lamiere, per realizzare sistemi portanti più complessi: impalcanti, telai, travi composte (a parete piena o reticolari), colonne composte, ecc..

Anche la realizzazione di luci superiori alla lunghezza disponibile delle travi commerciali (circa 12m), richiede la giunzione fra più elementi.

Riconosciuta la necessità di collegare fra loro i profilati e le lamiere nella quasi totalità delle applicazioni, diventa chiara l'importanza dello studio dei metodi di unione.

Essi possono essere classificati in:

- a) unioni che richiedono la preventiva foratura degli elementi da unire, per consentire il passaggio di connettori (chiodi, bulloni);
- b) unioni che non richiedono la foratura (saldatura, incollaggio).

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza per le unioni sono i seguenti:

Tabella 4.2. XII Coefficienti di sicurezza per la verifica delle unioni.

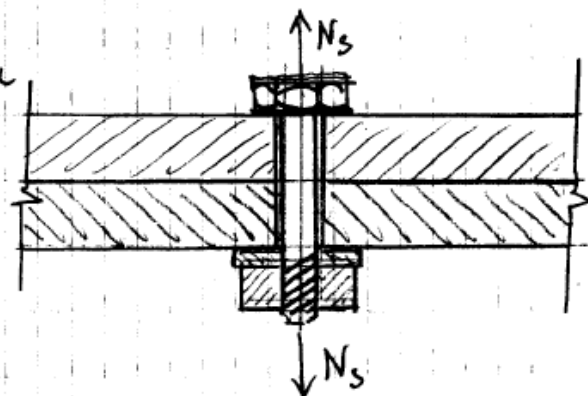
Resistenza dei bulloni	$\gamma_{M2} = 1,25$
Resistenza dei chiodi	
Resistenza delle connessioni a perno	
Resistenza delle saldature a parziale penetrazione e a cordone d'angolo	
Resistenza dei piatti a contatto	
Resistenza a scorrimento per SLU	$\gamma_{M3} = 1,25$
per SLE	$\gamma_{M3} = 1,10$
Resistenza delle connessioni a perno allo stato limite di esercizio	$\gamma_{M5,ser} = 1,0$
Prearico di bulloni ad alta resistenza	$\gamma_{M7} = 1,10$

I) UNIONI BULLONATE A TAGLIO

Seguiamo questa metodologia di studio:

- a) MORFOLOGIA
- b) MATERIALI
- c) MODALITÀ DI COLLASSO
- d) TIPI DI VERIFICA

- a) Un bullone normale si compone di tre parti:
- 1) gambo con testa esagonale (vite)
 - 2) dado
 - 3) rondella.



I bulloni vanno serrati con una forza di serraggio:

$$F_{p,Cd} = 0,7 f_{tb} A_{res}$$

in cui f_{tb} è la resistenza a rottura del bullone (non la resistenza allo snervamento) del bullone ed A_{res} è l'area resistente del bullone, misurata nella zona filettata del gambo.

La forza di serraggio $F_{p,Cd}$ viene ottenuta mediante un'appropriata coppia di serraggio:

$$M = k \cdot d \cdot F_{p,Cd} = k \cdot d \cdot 0,7 f_{tb} A_{res}$$

in cui d è il diametro del bullone e k è un fattore che è indicato sulle confezioni dei bulloni e delle viti e che varia, orientativamente, tra 0,10 e 0,22.

Indichiamo invece con A l'area della parte non filettata del gambo.

Per quanto possibile la filettatura deve rimanere all'esterno delle lamiere, risultato che si ottiene avvalendosi anche della presenza delle rosette.

b) La normativa prevede le seguenti classi di bulloni: 4.6, 5.6, 6.8, 8.8, 10.9 che si distinguono fra loro per la resistenza del materiale. Le prime tre classi costituiscono i bulloni normali. I bulloni di classe 8.8 e 10.9 si considerano ad alta resistenza e per essi è ammesso di tener conto, nel calcolo della giunzione, della forza di serraggio e di considerare quindi il funzionamento della giunzione ad attrito.

Per le resistenze delle varie classi di bulloni si veda Tabella 11.3.XII.b della Circolare di applicazione delle Norme tecniche.

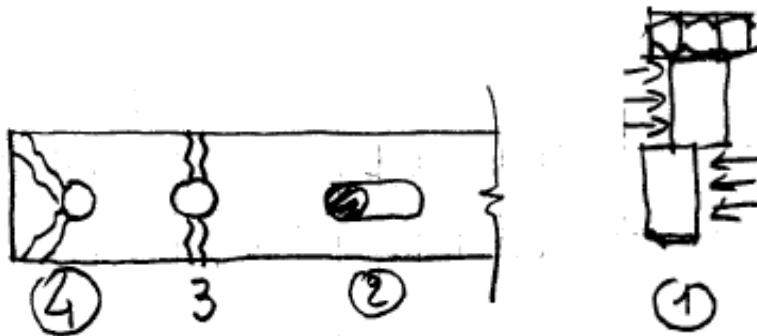
c) MODALITÀ DI COLLASSO

Nelle unioni bullonate a taglio il ruolo fondamentale è svolto dal gambo del bullone, che impedisce lo scorrimento relativo delle lamiere a contatto.

Se due lamiere sono soggette a pressioni localizzate, mentre il gambo è soggetto a taglio.

La rottura della unione a taglio può avvenire in 4 modi:

- ①: taglio del gambo
- ②: rifollamento della lamiera
- ③: trazione della lamiera
- ④: taglio della lamiera



Il calcolo è convenzionale e viene eseguito in campo plastico, non tenendo conto delle concentrazioni di tensione intorno ai fori e presupponendo, per effetto della plasticizzazione delle viti, la distribuzione uniforme degli sforzi fra i bulloni di una stessa unione.

Il calcolo è limitato ai fenomeni 1 e 2.

I fenomeni 3 e 4 sono prevenuti con la applicazione di regole costruttive che evitano l'indebolimento eccessivo delle lamiere.

Verifica delle unioni a taglio

1) Tranciamento del bullone

La resistenza di calcolo di ciascun bullone e per ogni piano di taglio è:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} \text{ per bulloni di classe 4.6, 5.6, 8.8 ;}$$

$$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} \text{ per bulloni di classe 6.6 e 10.9}$$

nel caso in cui il piano di taglio intersechi la parte filettata della vite.

In caso contrario la resistenza di calcolo, sempre per ogni piano di taglio, è:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2} \text{ per bulloni di qualsiasi classe.}$$

Si fa presente che nel fenomeno del taglio interviene la resistenza a taglio del materiale f_{taglio} , che tramite il criterio di snervamento di Von Mises può essere correlata alla resistenza a

$$\text{trazione } f_t : f_{taglio} = \frac{f_t}{\sqrt{3}} = 0,577 f_t .$$

I coefficienti 0,6 e 0,5 costituiscono due approssimazioni diverse di $1/\sqrt{3}$.

2) Rifollamento della lamiera

La resistenza di calcolo a rifollamento di ciascun foro si calcola come:

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2}$$

in cui t è lo spessore della lamiera.

f_{tk} è il valore caratteristico della resistenza a rottura della lamiera e

d è, come già detto, il diametro nominale del gambo del bullone.

I valori di k ed α si ricavano dalle condizioni seguenti:

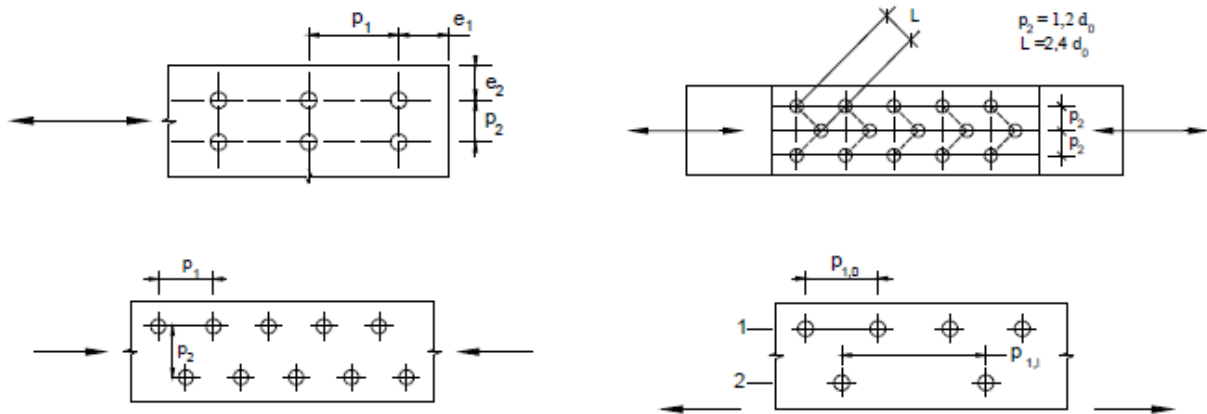
$$\alpha = \min \{ e_1 / (3 d_0) ; f_{tb} / f_t ; 1 \} \text{ per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato,}$$

$$\alpha = \min \{ p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tb} / f_t ; 1 \} \text{ per bulloni interni nella direzione del carico applicato,}$$

$$k = \min \{ 2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \} \text{ per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato,}$$

$k = \min \{ 1,4 p_2 / d_0 - 1,7 , 2,5 \}$ per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato,

essendo e_1 , e_2 , p_1 e p_2 indicati in Figura e d_0 il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone.



Per quanto riguarda d_0 , si fa presente che la Normativa prevede che i fori devono avere diametro uguale a quello del bullone maggiorato al massimo di 1 mm, per bulloni sino a 20 mm di diametro, e di 1,5mm per bulloni di diametro maggiore di 20 mm.

Quando necessario, è possibile adottare “accoppiamenti di precisione” in cui il gioco foro-bullone non dovrà superare 0,3 mm per bulloni sino a 20 mm di diametro e 0,5 mm per bulloni di diametro superiore.

II UNIONI BULLONATE A TRAZIONE

Nel caso di unione sottoposta a trazione i bulloni sono sottoposti a trazione. Le verifiche devono assicurare che non si verifichi la rottura per trazione dei bulloni e il punzonamento delle lamiere.

1) Tranciamento del bullone

La resistenza di calcolo di un bullone è:

$$F_{b,Rd} = 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}$$

2) Punzonamento della lamiera

La resistenza a punzonamento si può determinare valutando la risultante delle tensioni tangenziali, parallele alla forza di trazione, che agiscono sulla superficie laterale del cilindro di lamiera avente spessore t_p e diametro d_m .

La normativa italiana, al solito, non utilizza la resistenza alla rottura per taglio della lamiera, ma la tensione:

$$f_{\text{taglio}} = \frac{f_t}{\sqrt{3}} = 0,577 f_t$$

La resistenza di calcolo a punzonamento (relativa ad un bullone) è quindi:

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_{tk} / \gamma_{M2}$$

in cui d_m è il più piccolo valore tra il diametro del dado ed il diametro medio della testa del bullone;

t_p è lo spessore del piatto ed

f_{tk} e la resistenza caratteristica a rottura per trazione della lamiera.

III UNIONI BULLONATE A TAGLIO E TRAZIONE

Nel caso di presenza sia della trazione che del taglio, si può utilizzare la formula di interazione lineare:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1$$

con la limitazione $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$

Il pedice Ed indica le sollecitazioni di progetto (design).