

Esercitazione 04: Collegamenti bullonati

Indice

1 Flangia bullonata sottoposta a sollecitazione generica	1
1.1 Calcolo delle azioni sui bulloni	1
1.2 Verifica statica bullone, criterio di locale aderenza fra le piastre	2
2 Collegamento bullonato fra due travi	4
3 Collegamento con distribuzione dei bulloni non a doppia simmetria	5

1 Flangia bullonata sottoposta a sollecitazione generica

1.1 Calcolo delle azioni sui bulloni

In Fig.1 si mostra una flangia bullonata che collega due piastre, di cui una è vincolata al suolo, mentre l'altra è saldata ad un telaio sollecitato da carichi esterni.

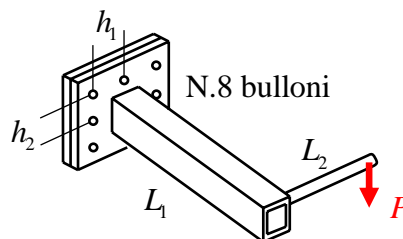


Figura 1: Flangia bullonata.

Al fine di determinare le sollecitazioni che agiscono sui singoli bulloni, il piano della flangia può essere visto come la sezione di una trave, in cui l'area è sostituita da elementi puntiformi in corrispondenza delle posizioni dei bulloni. Nelle zone di competenza dei bulloni agiscono dei carichi tali da garantire l'equilibrio. Facendo alcune ipotesi sulla distribuzione di tali carichi e imponendo l'equilibrio è possibile stimarli. In Fig.2 si mostrano le distribuzioni di carichi sui bulloni, per effetto delle sollecitazioni di: azione normale, taglio, momento flettente e momento

torcente.

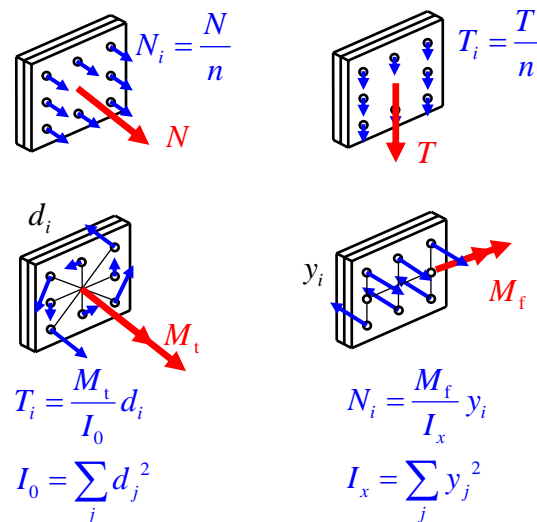


Figura 2: Distribuzioni dei carichi sui bulloni, per effetto delle varie sollecitazioni.

Nel caso di azione normale o taglio, semplicemente il carico si ripartisce equamente sui vari bulloni. Nel caso di flessione o torsione si assume l'ipotesi di piastra molto più rigida dei bulloni e quindi le forze sono proporzionali alla distanza dall'asse neutro, per la flessione, e dal baricentro, per la torsione.

Determinare le sollecitazioni che agiscono sui singoli bulloni relativi alla condizione di carico di Fig.1.

I dati del problema sono:

$$\begin{aligned}
 P &= 10 \text{ kN} \\
 L_1 &= 3 \text{ m} \\
 L_2 &= 2 \text{ m} \\
 h_1 &= 200 \text{ mm} \\
 h_2 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Individuare il bullone che subisce l'azione tangenziale maggiore (in modulo) e quello che subisce l'azione di forza normale maggiore (con segno, ossia quello che subisce un'azione di trazione maggiore).



Soluzione:

Uno dei bulloni della flangia subisce la massima azione tangenziale di $T_{\max} = 14.4 \text{ kN}$, e anche la massima azione di trazione di $N_{\max} = 33.3 \text{ kN}$.

1.2 Verifica statica bullone, criterio di locale aderenza fra le piastre

I bulloni vengono preserrati con un carico relativamente elevato, altrimenti la loro condizione di esercizio non è corretta. Il preserraggio dei bulloni genera una condizione di compressione fra

le piastre. Prima dell'applicazione di carichi esterni la forza di preserraggio sui bulloni è uguale all'azione di compressione fra le piastre. Successivamente, la presenza di azione di trazione genera una riduzione della forza locale di compressione fra le piastre, Fig.3.

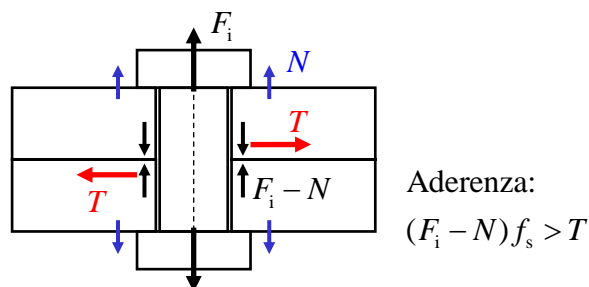


Figura 3: Azioni che agiscono nella zona intorno al bullone.

N è l'azione di trazione, le piastre sono quindi in compressione di una forza pari a: $F_i - N$, in cui F_i è la forza di preserraggio iniziale. T è l'azione tangenziale da garantire, la condizione di aderenza che deve essere soddisfatta è:

$$(F_i - N)f_s > T$$

in cui f_s è il coefficiente di attrito di primo distacco o di aderenza.

Il precarico da imporre al bullone F_i è pari a:

$$F_i = 0.9S_pA_t$$

in cui: S_p è la massima tensione di precarico che è molto alta, pari al 90% del carico di snervamento, e A_t è l'area della sezione resistente. Il diametro con il quale si valuta la sezione resistente è circa diametro esterno della filettatura (cresta dei filetti) meno il passo della filettatura, per tenere di conto che il diametro della vite non è pieno. Tipicamente non si sfrutta al massimo la tensione di precarico, da cui il coefficiente 0.9 nella formula di F_i .

Verificare la condizione di aderenza fra le due piastre del bullone relativo all'esercitazione precedente su cui agisce azione tangenziale e forza di trazione massime (ipotizzando che sia stato applicato il serraggio opportuno).

Assumere:

$$f_s = 0.2,$$

Classe del bullone buona: SAE 8.8, $S_p = 600$ MPa (pari a circa $0.9S_Y$),

Diametro esterno della vite, $d = 22$ mm, passo $p = 2.5$ mm.



Soluzione:

La condizione di aderenza fra le piastre risulta verificata.

2 Collegamento bullonato fra due travi

In Fig.4 si mostra un collegamento bullonato, al fine di realizzare un incastro fra due travi.

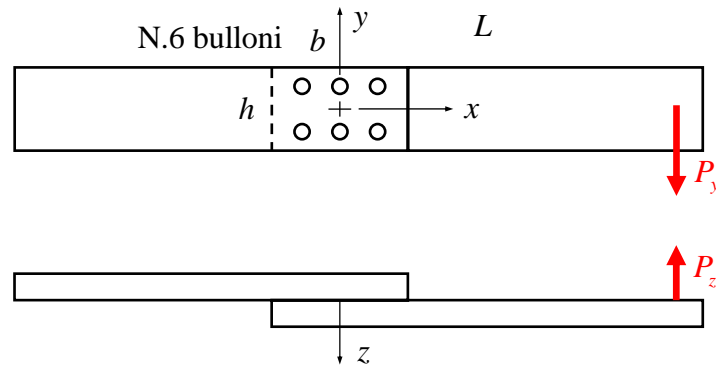


Figura 4: Collegamento bullonato fra due travi.

La forza ha una direzione generica per cui, nella sezione di bullonatura, si ha: forza normale, taglio, flessione e torsione.

I dati del problema sono:

$$\begin{aligned} P_y &= 1000 \text{ N} \\ P_z &= 500 \text{ N} \\ L &= 800 \text{ mm} \\ b &= 50 \text{ mm} \\ h &= 50 \text{ mm} \\ \text{Classe bullone SAE: } 5.8, S_p &= 380 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (2)$$

Determinare il bullone che presenta la situazione più sfavorevole di azione di tangenziale / azione di trazione. Verificare la condizione di aderenza, considerando stesso materiale dell'esercizio precedente e diametro vite $d = 10 \text{ mm}$, passo $p = 1.5 \text{ mm}$.

Suggerimento:

Verificare che le azioni tangenziale e normale sui bulloni generate da forza normale e taglio sono trascurabili, rispetto a quelle generate da flessione torsione.



Soluzione:

La condizione di aderenza risulta verificata, anche se con un margine ridotto. Quindi si suggerisce di utilizzare un'altra classe di materiale del bullone, o un diametro d maggiore, al fine di avere un preserraggio più elevato.

3 Collegamento con distribuzione dei bulloni non a doppia simmetria

In Fig.5 si mostra una flangia bullonata che realizza l'incastro di una trave a flessione. In questo caso lo schema dei bulloni non ammette due simmetrie.

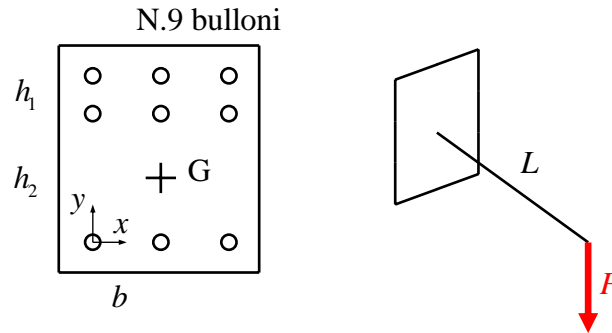


Figura 5: Flangia bullonata trave a flessione, schema dei bulloni non simmetrico.

La disposizione dei bulloni di Fig.5 è ottimizzata. La 'densità' dei bulloni superiori è doppia rispetto ai bulloni inferiori. Essendo i bulloni superiori in trazione si trovano in condizioni peggiori rispetto a quelli inferiori, per cui una migliore ripartizione delle azioni di trazione è vantaggiosa.

La disposizione dei bulloni di Fig.5 ammette tuttavia una simmetria. Risultano quindi definite le due direzioni principali della sezione: una è la direzione di simmetria e l'altra è la direzione ortogonale. Si possono quindi facilmente valutare i momenti secondi baricentrici principali. Inoltre il momento flettente che agisce è secondo una delle direzioni principali.

Verificare la condizione di aderenza fra piastre per il bullone che presenta la peggiore condizione azione tangenziale / trazione.

I dati del problema sono:

$$\begin{aligned} P &= 10000 \text{ N} \\ b &= 100 \text{ mm} \\ h_1 &= 50 \text{ mm} \\ h_2 &= 100 \text{ mm} \\ L &= 500 \text{ mm} \end{aligned} \tag{3}$$

Suggerimento:

Determinare il baricentro della distribuzione di bulloni, e successivamente calcolare il momento secondo baricentrico principale.



Soluzione:

Sollecitazione di taglio (uguale su tutti i bulloni) pari a: $T_i = 1\,111\text{ N}$, trazione sulla fila superiore di bulloni pari a: $N_{\max} = 9\,524\text{ N}$.

Scegliendo un diametro esterno della vite pari a $d = 10\text{ mm}$, $p = 1.5\text{ mm}$, classe di materiale SAE 5.8, $S_p = 380\text{ MPa}$, ed assumendo un tipico coefficiente di attrito di primo distacco fra due piastre in acciaio pari a $f_s = 0.2$, la condizione di aderenza risulta soddisfatta:

$$(F_i - N)f_s = 1\,977\text{ N} > T_i = 1\,111\text{ N}$$