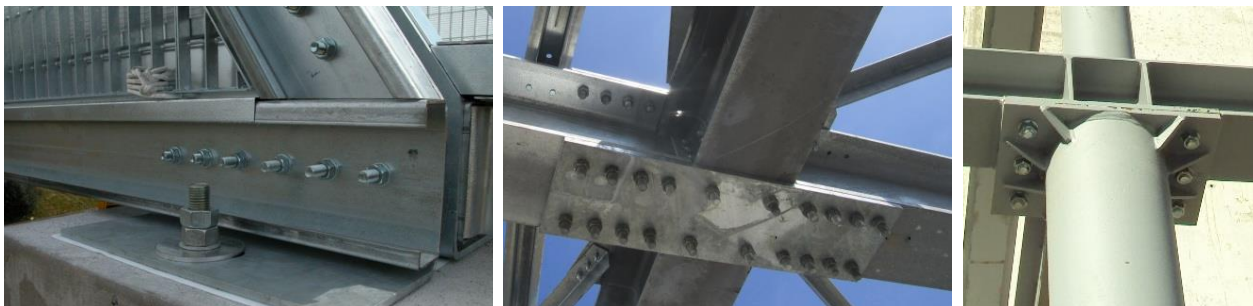


COLLEGAMENTI BULLONATI – MODALITÀ DI SERRAGGIO IN CONFORMITÀ ALLA EN 1090-2

La norma EN 1090-2 “Requisiti tecnici per strutture di acciaio” fornisce specifiche regole per i controlli da eseguire sui collegamenti bullonati. Dopo il preliminare assemblaggio è necessario effettuare dei controlli visivi, verificando il corretto posizionamento delle rondelle ed accertando l'avvenuta certificazione di accuratezza dell'avvitatore, per poi procedere alle operazioni di serraggio di seguito descritte.

I controlli da effettuare, durante e dopo il serraggio, dipendono dalla modalità stessa di serraggio utilizzata.



NORMA EN 1090-2

- Specifica la modalità di serraggio specificando le fasi operative per la bulloneria non da precarico (§8.3) e da precarico (§8.5);
- Descrive le modalità di preparazione delle superfici di contatto nelle giunzioni ad attrito (§8.4);
- Definisce l'accuratezza degli avvitatori (§8.5);
- Specifica le modalità di controllo del serraggio per ciascuna delle fasi previste (§8.5);
- Fornisce metodi alternativi di calibrazione della giunzione (Annex H).
- Fornisce indicazioni sulla determinazione sperimentale della perdita di precarico nel caso di trattamenti superficiali ad alto spessore (Annex I)



BULLONERIA DA PRECARICO

Modalità di serraggio per bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato (EN 14399):

Table 19 - k-classes for tightening methods	
Tightening method	k-classes
Torque method (see 8.5.3)	K2
Combined method (see 8.5.4)	K2 or K1
HRC tightening method (see 8.5.5)	K0 with HRD nut only or K2
Direct tension indicator (DTI) method (see 8.5.6)	K2, K1 or K0

Table 19 – k-classes for tightening methods (UNI EN 1090-2:2018)

Il serraggio deve garantire il raggiungimento del precarico previsto dalle norme armonizzate:

$$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$$

Dove:

f_{ub} è la resistenza nominale della vite [Mpa] in accordo con UNI EN 1993-1-8

A_s è la sezione resistente della vite (filettatura).

I valori del minimo precarico nominale $F_{p,C}$ sono specificati nella tabella seguente:

Table 18 - Values of the nominal minimum preloading force $F_{p,C}$ [kN]										
Property class	Bolt diameter in mm									
	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
8.8	47	65	88	108	137	170	198	257	314	458
10.9	59	81	110	134	172	212	247	321	393	572

Table 18 – Values of the nominal minimum preloading force $F_{p,C}$ in [kN] (UNI EN 1090-2:2018)

Il valore del momento di serraggio $M_{r,i}$ viene determinato attraverso una delle seguenti opzioni:

a) Valori basati sulla classe funzionale dichiarata dal produttore in accordo con le relative parti della EN 14399:

- $M_{r,1} = 0,125 \cdot d \cdot F_{p,C}$ per bulloni di classe K1
- $M_{r,2} = k_m \cdot d \cdot F_{p,C}$ con k_m per bulloni di classe K2

b) Valori ricavati da test (in accordo con l'Appendice H)

Dove d è il diametro nominale della vite

Per la classe K1 il metodo di serraggio più utilizzato è il **metodo combinato: precoppia + angolo**

Per la classe K2 il metodo di serraggio più utilizzato è il **metodo con controllo della coppia: precoppia + coppia**



Metodo di serraggio combinato (coppia di avvitamento iniziale più angolo) – § 8.5.4

Si realizza in due fasi, applicando una specificata coppia iniziale e successivamente imponendo un opportuno angolo di rotazione all'elemento rotante:

1 - coppia di avvitamento iniziale

Avvitare, con un idoneo avvitatore (capace di un'accuratezza di $\pm 10\%$), fino al raggiungimento del valore di coppia di avvitamento iniziale M_{ini} di circa:

$$M_{ini} = 0,75 \cdot M_{r,i}$$

Dove $M_{r,i} = M_{r,1}$ oppure $M_{r,test}$ (Appendice H)

Questa prima operazione deve essere conclusa per tutte le viti della giunzione prima di iniziare la fase successiva.

I valori di riferimento della coppia $M_{r,1}$ (oppure $M_{r,test}$) per la classe K1 (normalmente utilizzata per questa modalità di serraggio), in accordo con le norme EN 14399, sono determinati attraverso la relazione:

$$M_{r,1} = 0,125 \cdot d \cdot F_{p,C}$$

Per semplificazione, se non diversamente specificato, può essere considerato il seguente valore di $0,75 M_{r,1}$:

$$0,75 \cdot M_{r,1} = 0,094 \cdot d \cdot F_{p,C}$$

2 - Angolo di rotazione finale

Ruotare di un angolo, il cui valore è specificato nella tabella seguente, l'elemento rotante dell'assieme (il dado, salvo eccezioni che richiedono speciali precauzioni). L'angolo di rotazione relativa tra gli elementi dell'assieme deve essere facilmente identificabile al termine del serraggio, ad esempio utilizzando opportuni contrassegni e riferimenti.

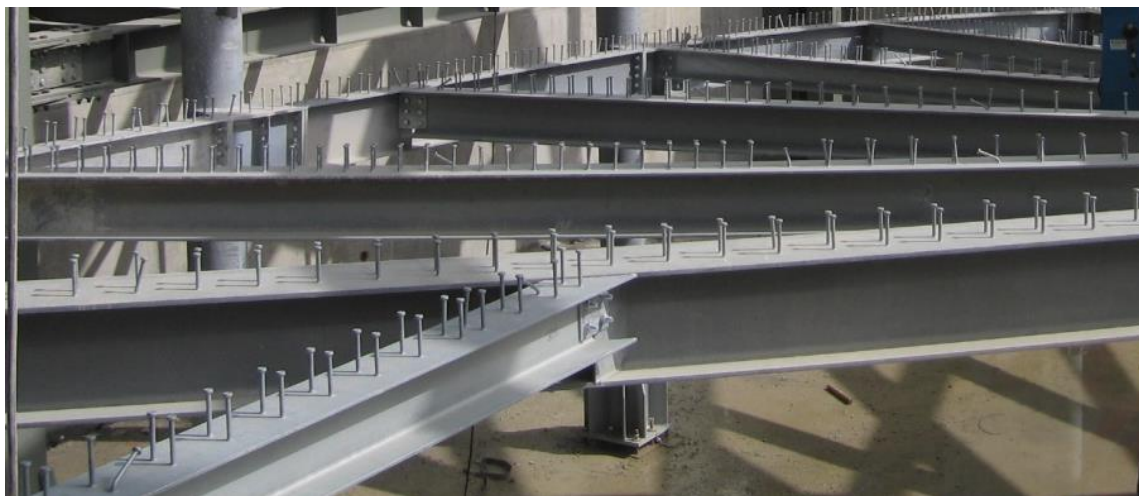


Table 21 - Additional rotation for the second step in the combined method (8.8 and 10.9)

Total nominal thickness "t" of parts to be connected (including all packs and washers) d = bolt diameter	Further rotation to be applied, during the second step of tightening	
	Degrees	Part turn
t < 2d	60	1/6
2d ≤ t < 6d	90	1/4
6d ≤ t < 10d	120	1/3

NOTE: Where the surface under the bolt head or nut (allowing for taper washers, if used) is not perpendicular to the bolt axis, the required angle of rotation should be determined by testing

Table 21 – Additional rotation for the second step in the combined method (8.8 and 10.9) (UNI EN 1090-2:2018)



Metodo di serraggio con controllo della coppia – § 8.5.3

1 - Coppia di avvitamento iniziale

Avvitare, con un idoneo avvitatore (capace di un'accuratezza di $\pm 4\%$, in accordo alla norma EN ISO 6789), fino al raggiungimento del valore di coppia di avvitamento iniziale, M_{ini} di circa:

$$M_{ini} = 0,75 \cdot M_{r,i}$$

Dove $M_{r,i} = M_{r,2}$ oppure $M_{r,test}$ (Appendice H)

Questa prima operazione deve essere conclusa per tutte le viti della giunzione prima di iniziare la fase successiva.

I valori di riferimento della coppia di serraggio $M_{r,2}$ (oppure $M_{r,test}$) per la classe K2, in accordo con le norme EN 14399, sono determinati attraverso la relazione:

$$M_{r,2} = k_m \cdot d \cdot F_{p,C}$$

Dove k_m è il valor medio del fattore-k di ciascun singolo lotto d'assieme, dichiarato dal produttore sull'etichetta ($0,10 \leq k_m \leq 0,23$).

L'utilizzatore deve far riferimento a questo valore di fattore-k che è caratteristico per ogni lotto, per calcolare i valori corretti della coppia di serraggio.



2 - Coppia di avvitamento finale

Applicare la coppia di serraggio finale M_{fin} , definita come:

$$M_{fin} = 1,10 \cdot M_{r,i}$$

Utilizzando un idoneo avvitatore (capace di un'accuratezza di $\pm 4\%$, in accordo alla norma EN ISO 6789).

NB: con questo metodo si garantisce nominalmente un precarico superiore del 10% a quello minimo richiesto.



BULLONERIA NON A SERRAGGIO CONTROLLATO

Modalità di serraggio per bulloneria strutturale non a serraggio controllato (EN 15048):

Le parti da collegare devono essere posizionate in contatto stabile;

- Ciascun assieme bullonato deve essere serrato raggiungendo le condizioni di "snug-tight" (condizione di serraggio raggiungibile mediante l'impegno di un uomo che usi una chiave di manovra normale senza nessuna estensione del braccio e corrisponde al punto in cui una chiave a impulsi inizia a "martellare");
- Una particolare cura deve essere posta nell'evitare sovra-serraggi, specialmente nel caso di viti corte e M12;
- La procedura di serraggio fino alle condizioni di "snug-tight" deve essere eseguita partendo dalle parti più rigide della giunzione, muovendosi progressivamente verso le parti meno rigide;
- Per raggiungere una condizione di serraggio uniforme possono essere necessari più cicli di avvitamento;
- La vite deve sporgere con almeno un filetto completo dalla faccia non appoggiata del dado.



BIBLIOGRAFIA

- Antonio Ripamonti e Luca Casartelli (Agrati Group) “*Collegamenti bullonati nelle strutture metalliche*” Convegno “*Progettazione esecutiva di strutture in acciaio: unioni bullonate e saldate*” - Macerata 10/05/2013.
- UNI EN 1090-2, “*Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio*”
- UNI EN 14399-1 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 1: Requisiti generali*”
- UNI EN 14399-2 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 2: Prova di idoneità all'impiego*”
- UNI EN 14399-3 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato Parte 3: Sistema HR - Assieme vite e dado esagonali*”
- UNI EN 14399-4 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV - Assieme vite e dado esagonali*”
- UNI EN 14399-5 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 5: Rondelle piane*”
- UNI EN 14399-6 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate*”
- UNI EN 14399-7 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 7: Sistema HR - Assieme vite con testa svasata piana e dado*”
- UNI EN 14399-8 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 8: Sistema HV - Assieme vite a testa esagonale con gambo calibrato e dado*”
- UNI EN 14399-9 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 9: Sistema HR o HV - Rondelle con indicazione di carico per assiami vite e dado*”
- UNI EN 14399-10 “*Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 10: Sistema HRC - Assiami vite e dado con serraggio calibrato*”
- UNI EN 15048-1 “*Bulloneria strutturale non a serraggio controllato - Parte 1: Requisiti generali*”
- UNI EN 15048-2 “*Bulloneria strutturale non a serraggio controllato - Parte 2: Prova di idoneità all'impiego*”

LINK UTILI:

- [La norma EN 1090](#)
- [I collegamenti: unioni bullonate](#)
- [La bulloneria da precarico](#)
- [La bulloneria non da precarico](#)
- [Sagomario bulloneria strutturale](#)

RINGRAZIAMENTI:

Si ringrazia U.P.I.V.E.B. (Unione Produttori Italiani Viteria E Bulloneria) - www.upiveb.org - per la documentazione fornita.

CREDITS FOTOGRAFICI:

- 1: Da sinistra a destra: © Profilsider srl, © Effebe srl, © Stahlbau Pichler srl
- 2: © Fondazione Promozione Acciaio
- 3, 4, 8: © “*La marcatura CE degli elementi di collegamento strutturale*” - Ing. Sante Costa – U.P.I.V.E.B. – convegno “*REGOLAMENTO UE 305/2011 e MARCATURA CE: FOCUS STRUTTURE IN ACCIAIO*”, Modena 25/09/14
- 5: © Studio di Ingegneria Marzio e Alessandro Monti
- 6: © BuonomoVeglia
- 7: © AIACE