

# GIUNTO FLANGIATO [secondo EC3 Appendice J]

(Revisione 14.01.2006)

## INTRODUZIONE

### Tipologie di giunti flangiati

Si ricordano le ipotesi alla base dell'appendice J dell'EC3:

- sezioni ad I o H laminate e saldate di classe 1, 2 o 3
- collegamenti tra sezioni ad I o H in cui le travi sono connesse alle ali della colonna
- al più due bulloni per fila

Il numero di file di bulloni tesi può variare da un minimo di una ad un massimo compatibile con la geometria degli elementi collegati e con ipotesi di calcolo ragionevoli, tenendo cioè presente che le file di bulloni lontane dalla zona tesa danno un minore contributo al momento resistente del giunto, e possono per questo essere trascurate nel calcolo e omesse nella progettazione se non indispensabili per il loro contributo di resistenza a taglio.

In Fig. 1 sono rappresentati un giunto flangiato in spessore di trave (flush end-plate), adatto per telai controventati, ed un giunto con flangia di estremità estesa (extended end-plate), adatto anche per telai non controventati. Spesso nel giunto con flangia di estremità estesa l'anima della colonna è rinforzata con irrigidimenti trasversali (EC3 J 3.3).

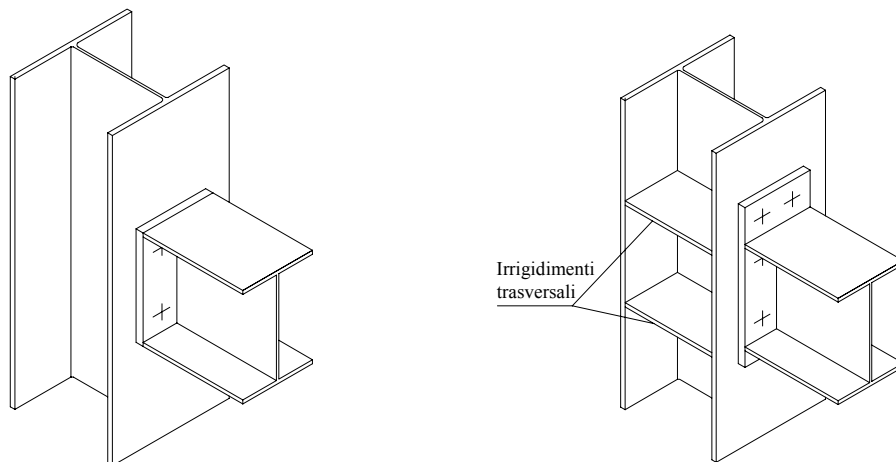


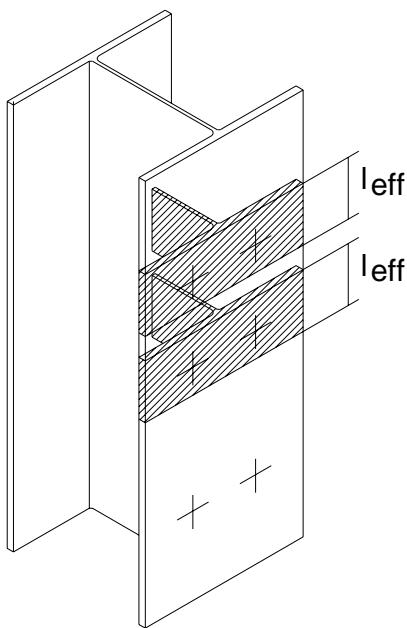
Fig. 1 – Giunto flangiato in spessore di trave e a flangia estesa

Nel calcolo della resistenza del giunto si procede come per il giunto saldato individuando i componenti deboli (anima della colonna a trazione o a compressione, ala della colonna, flangia d'estremità tesa, bulloni tesi, pannello d'anima della colonna a taglio).

E' però differente il modo con cui si valuta la resistenza dell'ala della colonna e della flangia d'estremità. La resistenza di questi componenti è calcolata assimilandoli a elementi a T equivalenti di opportuna lunghezza, detta *lunghezza efficace* ( $l_{eff}$ ). Il calcolo delle *lunghezze efficaci* è descritto nell'esercizio che segue.

Se è presente più di una fila di bulloni tesi, l'elemento a T equivalente in certi casi deve essere modellato sia per ogni fila presa singolarmente, sia per gruppi di file considerati nel loro insieme (v. Fig. 2). Se la generica fila appartiene ad un gruppo di bulloni (come in figura), sarà necessario verificare che la somma delle resistenze delle file che appartengono a quel gruppo non ecceda la resistenza del gruppo stesso.

file di bulloni considerate individualmente



file di bulloni considerate come gruppo

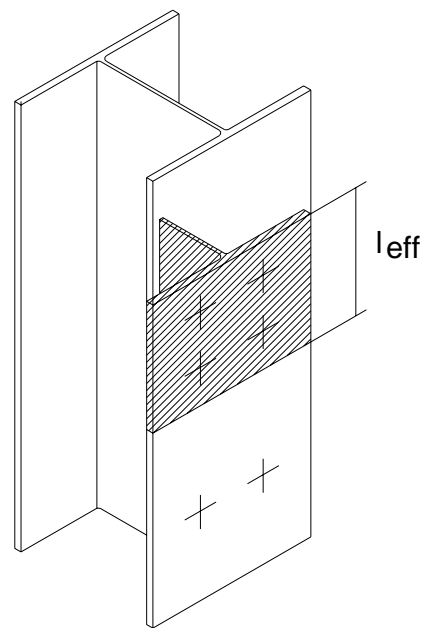


Fig. 2 – Elementi a T equivalenti

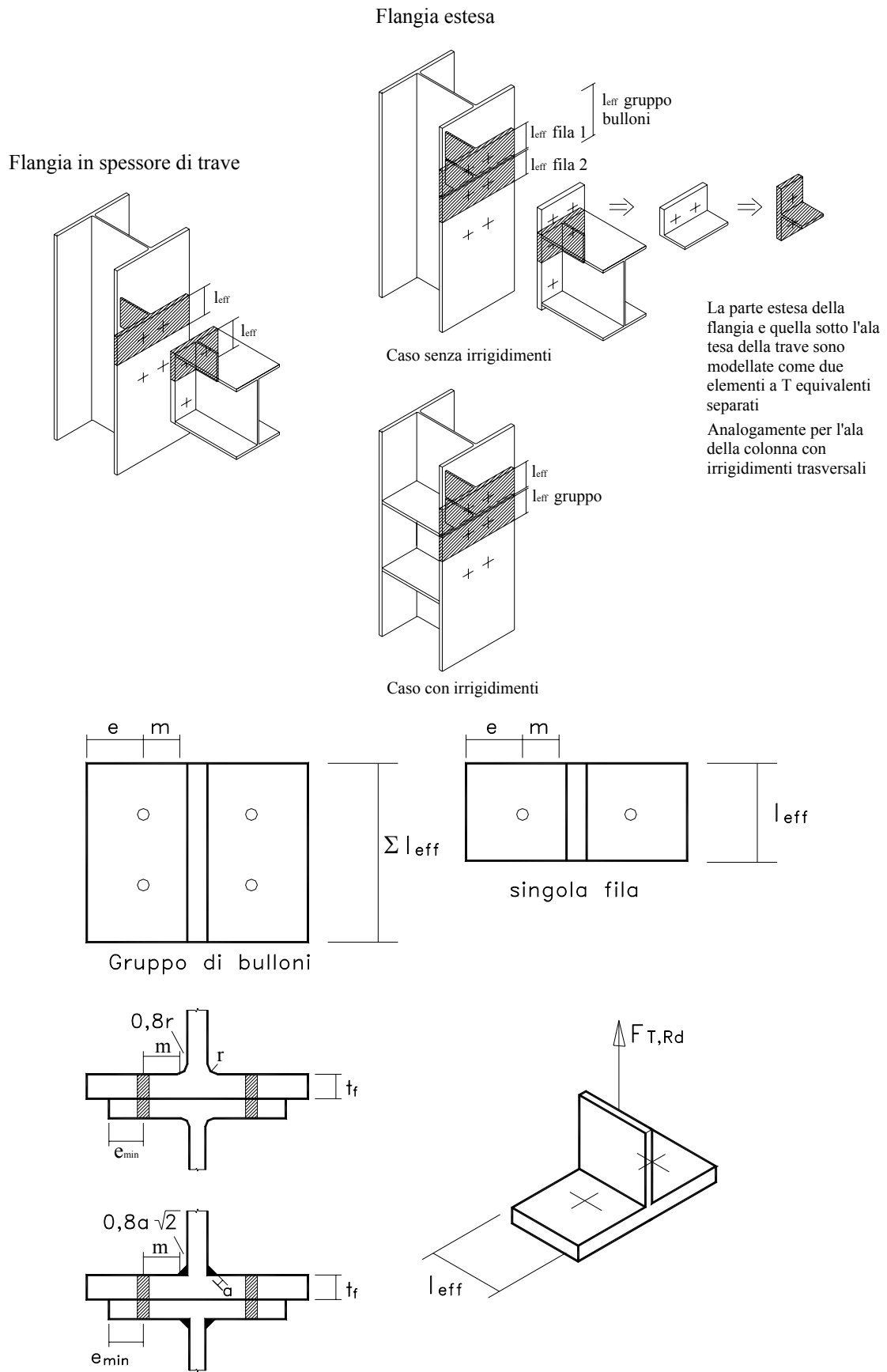


Fig. 3

La resistenza di progetto a trazione  $F_{t,Rd}$  di un elemento a T viene assunta pari al più piccolo dei valori delle tre seguenti modalità di collasso:

- Modalità 1: meccanismo plastico completo dell'ala

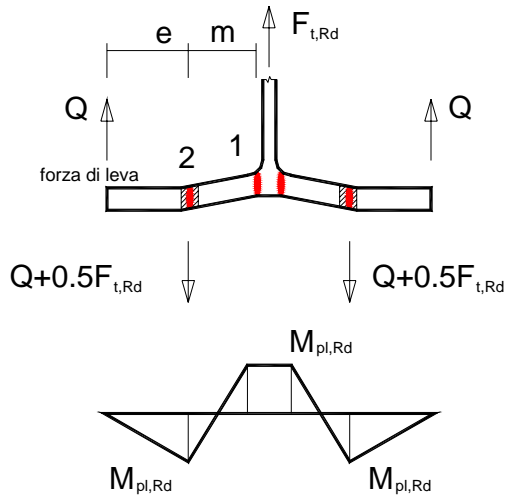


Fig. 4

Momento nella cerniera plastica 1:

$$(Q + 0.5F_{t,Rd})m - Q(e + m) = M_{pl,Rd} \quad \text{da cui :}$$

$$0.5F_{t,Rd} m - Q e = M_{pl,Rd} \quad (a)$$

Momento nella cerniera plastica 2:

$$Q \cdot e = M_{pl,Rd} \quad \text{sostituendo nella (a) si ricava:}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{4M_{pl,Rd}}{m}$$

dove:  $M_{pl,Rd} = 0.25 \sum l_{eff,1} t_f^2 f_y / \gamma_{M0}$

con  $\sum l_{eff,1}$  = lunghezza efficace per la modalità 1.

- Modalità 2: rottura dei bulloni con snervamento dell'ala

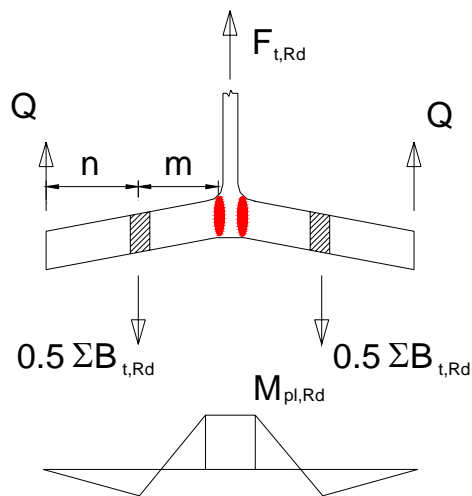


Fig. 5

Equilibrio alla traslazione:

$$\sum B_{t,Rd} - 2Q = F_{t,Rd} \rightarrow Q = (\sum B_{t,Rd} - F_{t,Rd}) / 2$$

Momento nella cerniera plastica:

$$0.5 \sum B_{t,Rd} m - Q(n + m) = M_{pl,Rd}$$

Sostituendo l'espressione di Q si ottiene:

$$F_{t,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n}$$

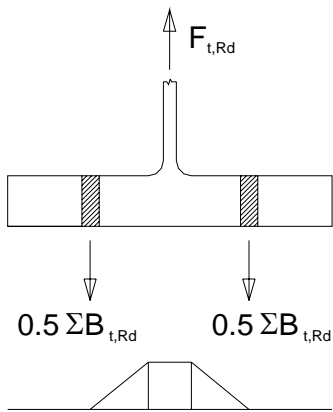
dove:  $M_{pl,Rd} = 0.25 \sum l_{eff,2} t_f^2 f_y / \gamma_{M0}$

con  $\sum l_{eff,2}$  = lunghezza efficace per la modalità 2

$\sum B_{t,Rd}$  = resistenza totale a trazione di tutti i bulloni dell'elemento a T.

$n = e_{min}$  ma:  $n \leq 1.25m$  (v. Fig. 3)

### Modalità 3: rottura dei bulloni



$$F_{T,Rd} = \sum B_{t,Rd}$$

Fig. 6

### **Criteri di dimensionamento**

#### Dimensionamento dei bulloni

- Un criterio di dimensionamento geometrico, prevede di assumere un diametro dei bulloni pari a 1.5 volte lo spessore dell'ala della colonna. Per profili di colonna di grosse dimensioni questo criterio sovradimensiona i bulloni. E' comunque opportuno controllare che non si verifichi la modalità di rottura 3 (rottura fragile dei bulloni).
- Un secondo criterio (duttilità) serve a permettere la redistribuzione delle azioni tra le file di bulloni. Secondo l'EC3 tale requisito è soddisfatto quando:

$$\begin{cases} d \geq 1.9 t_p \sqrt{f_{yp} / f_{ub}} \\ d \geq 1.9 t_{fc} \sqrt{f_{yc} / f_{ub}} \end{cases}$$

#### Dimensionamento della flangia d'estremità

Per la flangia si assume generalmente uno spessore simile a quello dell'ala della colonna, essendo scarso l'incremento di resistenza e rigidezza apportato dall'uso di spessori maggiori, salvo il caso di giunto con irrigidimento trasversale in zona tesa.

La larghezza della flangia è generalmente uguale alla larghezza dell'ala della trave. Si possono adottare valori maggiori, compatibili con l'ala della colonna, qualora vi siano problemi per il posizionamento dei bulloni.

La distanza minima tra il centro dei fori e il bordo della flangia non deve essere minore di  $2 d_0$  ( $d_0$ = diametro del foro), secondo EC3 [#6.5.1.3 (1)].

## ESEMPIO DI CALCOLO

Per aiutare a comprendere le prescrizioni dell'annesso J dell'EC3 viene presentato un esempio di calcolo di un giunto flangiato con due file di bulloni tesi, con e senza irrigidimenti trasversali dell'anima della colonna.

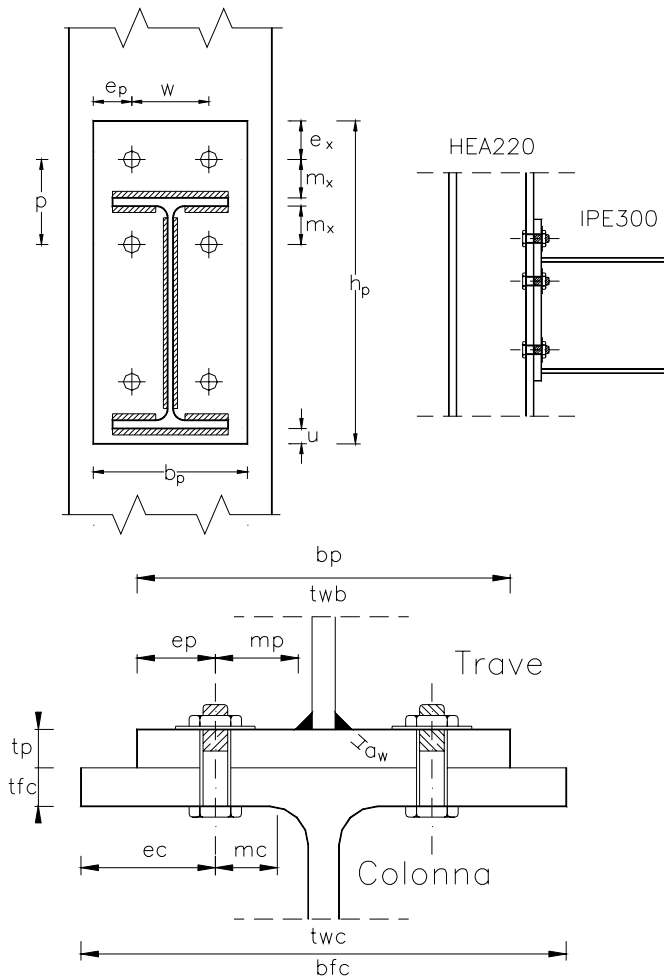


Fig. 7

Acciaio S275 (Fe430)

Bulloni M20 classe 10.9

$d_0=22$  mm foro bullone

$t_p=20$  mm spessore flangia

$b_p=200$  mm larghezza flangia

$h_p=420$  mm altezza flangia

$e_p=50$  mm

$m_x=e_x=50$  mm

$u=20$  mm

$t_{wc}=7$  mm

$t_{fc}=11$  mm

$r_c=18$  mm

$t_{fb}=10.7$  mm

$t_{wb}=7.1$  mm

Saldature:

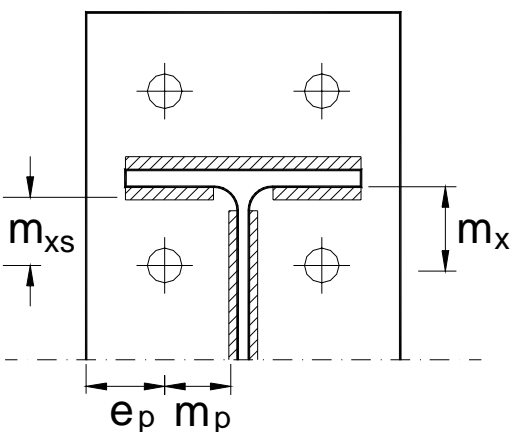


Fig. 8

Anima:

$a_w=1/2 t_{wb}=4$  mm

Ali:

$a_f=1/2 t_{fb}=6$  mm

Caratteristiche geometriche derivate:

$$p = 2 \cdot m_x + t_{fb} = 110.7 \text{ mm}$$

$$m_p = (b_p - t_{wb}) / 2 - e_p - a_w \cdot 0.8 \cdot \sqrt{2} = 41.92 \text{ mm}$$

$$w = 100 \text{ mm}$$

$$e_c = (b_{fc} - b_p) / 2 + e_p = 60 \text{ mm}$$

$$m_{xs} = m_x - a_f \cdot 0.8 \cdot \sqrt{2} = 43.21 \text{ mm}$$

$$m_c = (b_{fc} - t_{wc}) / 2 - e_c - 0.8 \cdot r_c = (220 - 7) / 2 - 60 - 0.8 \cdot 18 = 32.1 \text{ mm}$$

J 3.4. Resistenza della zona di trazione

J 3.4.1. Ala di colonna non irrigidita

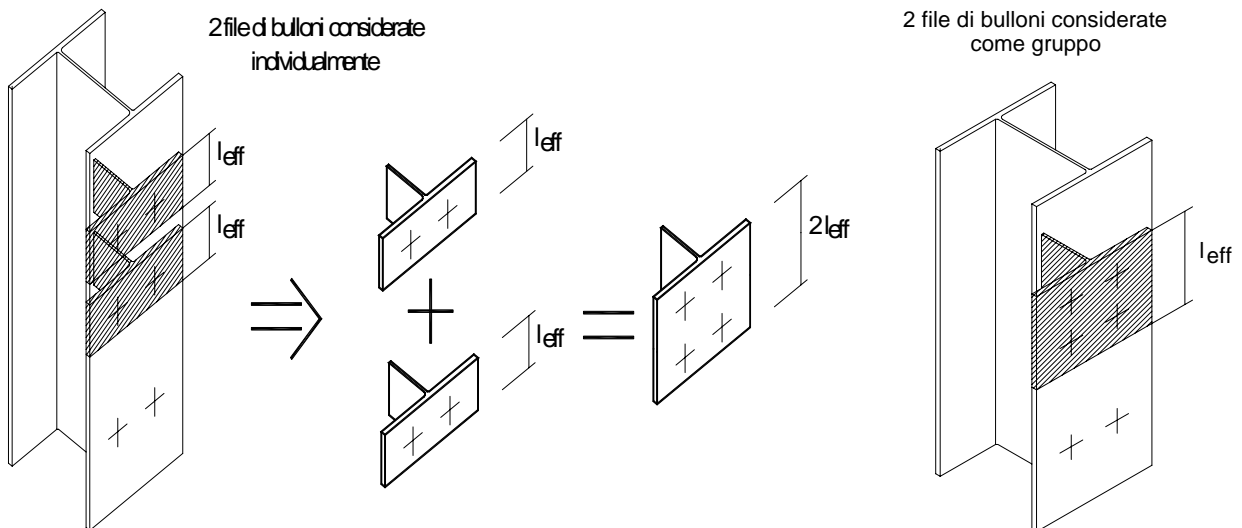
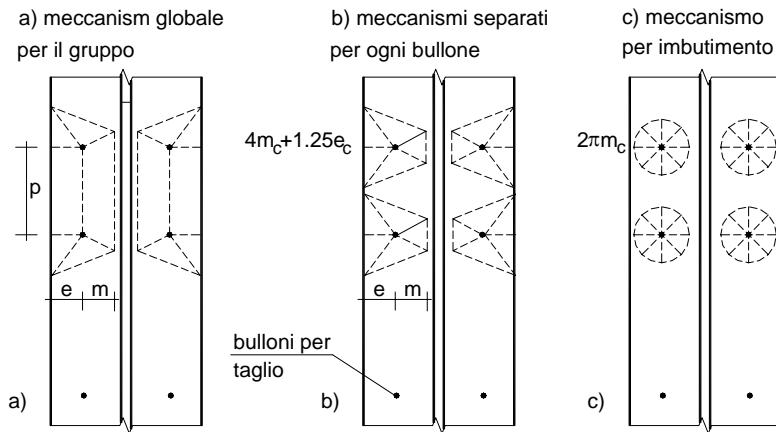


Fig. 9

- (2) Si deve prendere come lunghezza efficace  $l_{eff}$  per ciascuna riga di bulloni il minore dei valori seguenti:

(b) per bulloni d'estremità:

$$l_{\text{eff},b} = 0.5p + 2m + 0.625e = 0.5 \cdot 110.7 + 2 \cdot 32.1 + 0.625 \cdot 60 = \boxed{157.1 \text{ mm}} \quad (\text{Fig. 9a})$$

$$l_{\text{eff},b} = 4m + 1.25e = 4 \cdot 32.1 + 1.25 \cdot 60 = 203.4 \text{ mm} \quad (\text{Fig. 9b})$$

$$l_{\text{eff},b} = 2\pi m = 2\pi \cdot 32.1 = 201.7 \text{ mm} \quad (\text{Fig. 9c})$$

La lunghezza efficace minore per ciascuna riga di bulloni è quella del meccanismo di gruppo.

### Resistenze efficaci

Le resistenze efficaci per le tre modalità di collasso risultano:

Modalità di collasso 1:

$$F_{t1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m} = 296 \text{ kN} \quad [\text{J 22}]$$

dove:

$$M_{pl,Rd} = 0.25 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_{fc}^2 f_y / \gamma_{M0} = 2.376 \text{ kNm} \quad l_{\text{eff}} = 2 \cdot 157.1 = 314.2 \text{ mm}$$

$$m = m_c = 32.1 \text{ mm}$$

Modalità di collasso 2:

$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n} = 457 \text{ kN}$$

dove  $n = \min\{1.25m_c; e_p; e_c\} = \min\{40; 50; 60\} = 40 \text{ mm}$

$$\sum B_{t,Rd} = 4 B_{t,Rd} = 705.6 \text{ kN} \quad \text{resistenza dei quattro bulloni tesi}$$

$$B_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} A_s}{\gamma_{Mb}} = 176.4 \text{ kN}$$

essendo:  $f_{ub} = 1000 \text{ N/mm}^2$  resistenza a rottura dei bulloni di classe 10.9

$A_s = 245 \text{ mm}^2$  area resistente di un bullone M20

Modalità di collasso 3 (rottura dei bulloni)

$$F_{t3,Rd} = \sum B_{t,Rd} = 705.6 \text{ kN} \quad \text{per quattro bulloni}$$

La resistenza dell'ala della colonna a flessione è governata dalla modalità di collasso 1

$$F_{t,fc,Rd} = \min\{F_{t1,Rd}; F_{t2,Rd}; F_{t3,Rd}\} = \boxed{296 \text{ kN}}$$

Si deve calcolare anche separatamente la **resistenza della riga superiore di bulloni**, essendo la sua resistenza superiore alla metà della resistenza di gruppo. Governa la modalità di collasso 1:

Modalità di collasso 1:



$$F_{t,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m} = \boxed{190.1 \text{ kN}} \quad [J 22]$$

dove:  $M_{pl,Rd} = 0.25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1.525 \text{ kNm}$       $l_{eff} = 201.7 \text{ mm}$

Si potrà quindi affidare alla bullonatura superiore la forza di trazione:

$$F_{t.fc,Rd}^{ext} = 190.1 \text{ kN}$$

e alla bullonatura inferiore la differenza con la resistenza di gruppo:

$$F_{t.fc,Rd}^{int} = 296 - 190.1 = 105.9 \text{ kN}$$

#### J 3.4.4. Flangia di estremità

Per quanto riguarda la flangia si hanno valori diversi della  $l_{eff}$  dell'elemento a T equivalente per le due file poiché la fila interna risente dell'irrigidimento fornito dall'anima della trave e quindi ha resistenza e rigidezza superiori rispetto alla fila esterna. Per semplicità si assume di solito per la fila interna la stessa resistenza di quella esterna. Per completezza viene però esposto anche il calcolo della resistenza della fila interna.

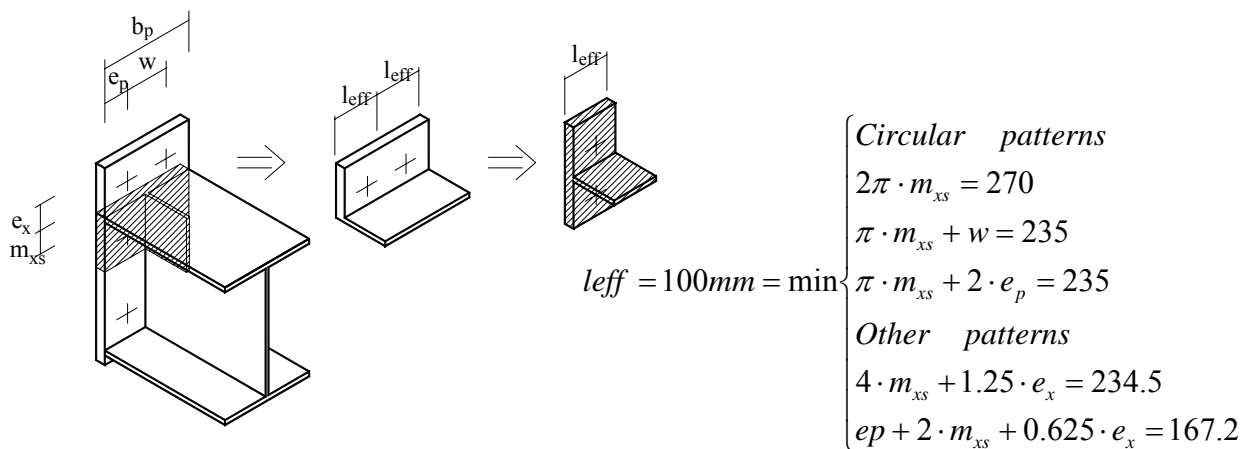
(2) Si deve prendere come lunghezza efficace  $l_{eff}$  per ciascuna riga di bulloni il minore dei valori che seguono:

(a) per bulloni esterni all'ala della trave in trazione:

$$l_{eff,a} = 0.5 b_p = 0.5 \cdot 200 = \boxed{100 \text{ mm}} \quad [J 40]$$

$$l_{eff,a} = 0.5 w + 2 m_x + 0.625 e_x = 0.5 \cdot 100 + 2 \cdot 43.21 + 0.625 \cdot 50 = 167.7 \text{ mm} \quad [J 41]$$

Nell'edizione del 1994 dell'Appendice J, non recepita dall'edizione italiana, sono presenti anche le seguenti condizioni:



Flangia d'estremità: fila esterna  
linea di snervamento circolare

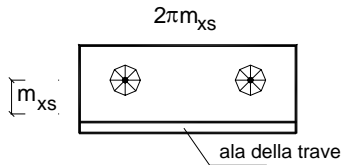


Fig. a)

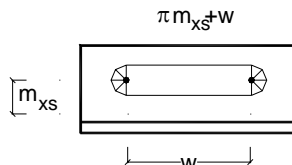


Fig. b)

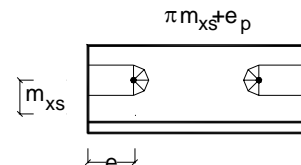


Fig. b)

altre linee di snervamento

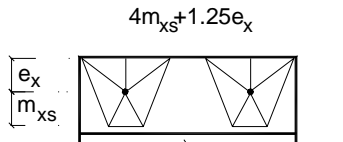


Fig. d)

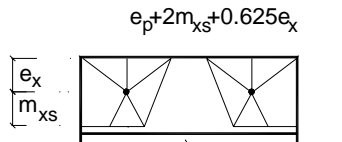


Fig. e)

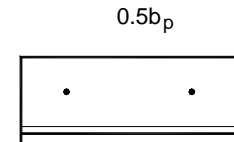


Fig. f)

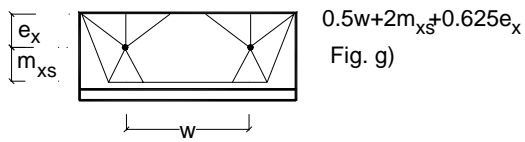
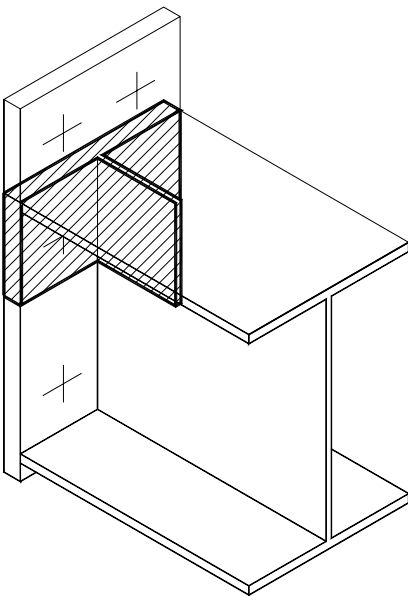


Fig. g)

- Fila interna:

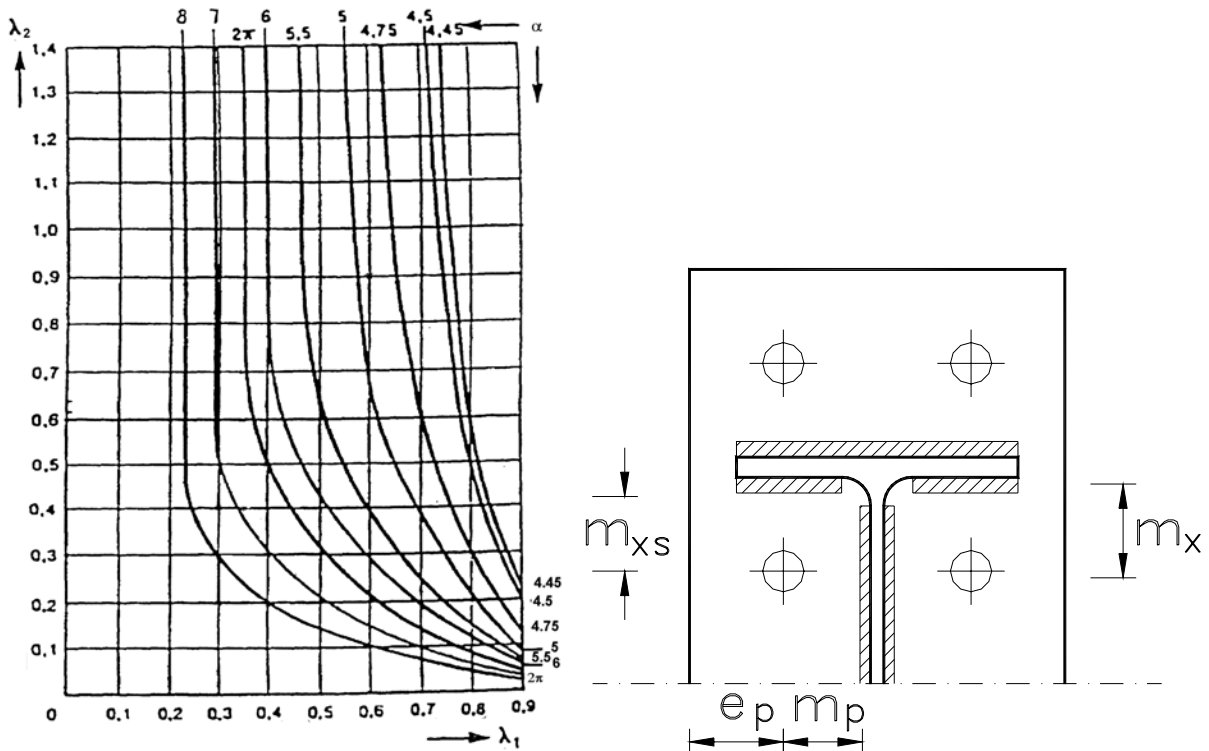


$$l_{eff1} = 258 = \min \begin{cases} \text{Circular patterns} = 2\pi \cdot m_p = 263 \\ \text{Other patterns} = \alpha \cdot m_p = 258 \end{cases}$$

$$l_{eff2} = \text{Other patterns} = \alpha \cdot m_p = 258 \text{ mm}$$

dove  $\alpha=6.14$  ricavato dall'abaco di fig. J.27 [J 3.5.7]

$\alpha$  esprime il contributo di rigidità fornito dall'anima della trave all'elemento a T equivalente per la fila di bulloni interna, mediante i parametri  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ .



$$\lambda_1 = \frac{m_p}{m_p + e_p} = \frac{42}{42 + 50} = 0.46$$

$$\lambda_2 = \frac{m_{xs}}{m_p + e_p} = \frac{43}{42 + 50} = 0.47$$

### Resistenza delle file di bulloni della flangia di estremità

- Fila esterna

$$l_{\text{eff}} = 100 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 \cdot l_{\text{eff}}}{4} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.5 \text{ kNm}$$

$$F_{t1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m} = 232 \text{ kN}$$

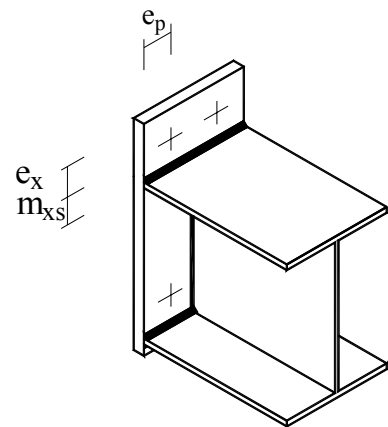
$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n} = 243 \text{ kN}$$

essendo  $n = \min\{1.25m_{xs}; e_x\} = \min\{51.6; 50\} = 50 \text{ mm}$

$$m = m_{xs} = 43 \text{ mm}$$

$$e_x = 50 \text{ mm}$$

$$\sum B_{t,Rd} = F_{t3,Rd} = 2 B_{t,Rd} = 352.8 \text{ kN} \quad \text{resistenza di una fila di bulloni}$$



Quindi la resistenza della parte esterna della flangia risulta:

$$F_{t.p.Rd}^{ext} = \min\{F_{t1,Rd}; F_{t2,Rd}; F_{t3,Rd}\} = \boxed{232 \text{ kN}}$$

valore maggiore della resistenza lato colonna (190.1 kN), che quindi governa la resistenza.

• Fila interna

$$l_{\text{eff}}=258\text{mm}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 \cdot l_{\text{eff}}}{4} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 6.45 \text{ kNm}$$

$$F_{t1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m} = 614 \text{ kN}$$

$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{T,Rd}}{m + n} = 332 \text{ kN}$$

essendo  $n = \min\{1.25m_p; e_p; e_c\} = \min\{52.5; 50; 60\} = 50\text{mm}$

$$m=m_p=42\text{mm}$$

$$\sum B_{t,Rd} = F_{t3,Rd} = 2 B_{t,Rd} = 352.8 \text{ kN} \quad \text{resistenza di una fila di bulloni}$$

Quindi la resistenza della parte interna della flangia risulta:

$$F_{t,p,Rd}^{\text{int}} = \min\{F_{t1,Rd}; F_{t2,Rd}; F_{t3,Rd}\} = 332 \text{ kN}$$

Questo valore è maggiore della resistenza lato colonna, che quindi governa.

J 3.4.7. Anima di colonna non irrigidita

$$F_{t,wc,Rd} = f_{yc} t_{wc} b_{\text{eff}} / \gamma_{M0} = 549.9 \text{ kN} \quad [\text{J } 9]$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 157.1 = 314.2 \text{ mm}$$

J 3.5 Resistenza della zona di compressione

J 3.5.1 Anima di colonna non irrigidita

(1) La resistenza di progetto allo schiacciamento di un'anima di colonna non irrigidita, soggetta ad una forza trasversale di compressione, è data da:

$$F_{c,Rd} = f_{yc} t_{wc} [1.25 - 0.5 \gamma_{M0} \sigma_{n,Ed} / f_{yc}] b_{\text{eff}} / \gamma_{M0} \quad [\text{J } 15]$$

ma:  $F_{c,Rd} \leq f_{yc} t_{wc} b_{\text{eff}} / \gamma_{M0} = 357.4 \text{ kN} \quad [\text{J } 16]$

dove:  $\sigma_{n,Ed}$  è la tensione normale massima di compressione nell'anima della colonna dovuta a forza assiale e flessione.

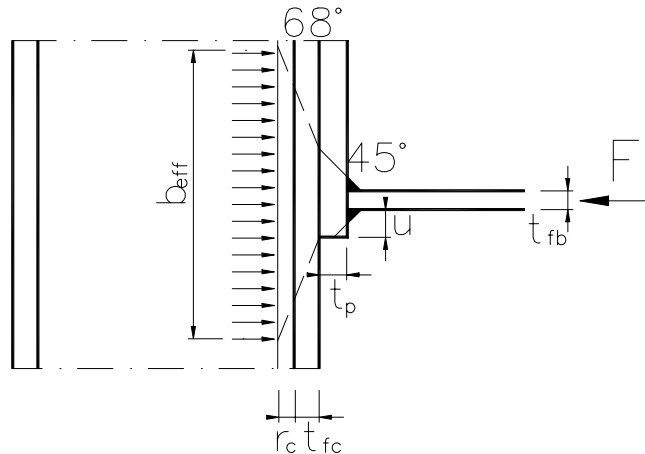
Generalmente il termine  $[1.25 - 0.5 \gamma_{M0} \sigma_{n,Ed} / f_{yc}]$  è minore di 1, quindi nei calcoli preliminari, quando  $\sigma_{n,Ed}$  non è nota, si usa la [J 16].

(2) In un collegamento bullonato, la lunghezza efficace dell'anima della colonna soggetta a compressione, è data da:

$$b_{eff} = t_{fb} + \sqrt{2}a_f + 5(t_{fc} + r_c) + t_p + u \quad [J 51]$$

$$= 10.7 + \sqrt{2}6 + 5 \cdot (11 + 18) + 20 + 20 = 204.2mm$$

(diffusione a 68° nella colonna e a 45° nella flangia. Nell'edizione italiana mancano i termini  $t_p+u$ )



(3) Inoltre si deve verificare, secondo le prescrizioni date in 5.7.5, la resistenza dell'anima della colonna a instabilità secondo un comportamento "a colonna", come indicato nella fig. J 2.4.

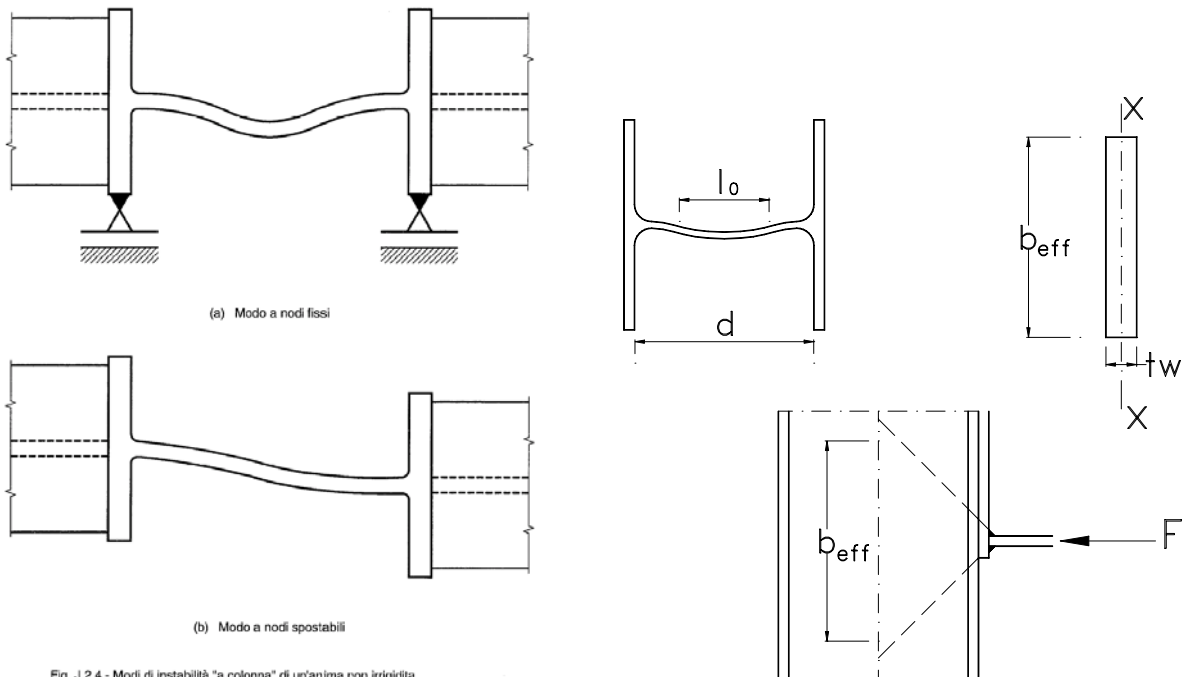


Fig. J 2.4 - Modi di instabilità "a colonna" di un'anima non irrigidita

Si considera il modo di instabilità (a) “a nodi fissi”, assumendo quindi una lunghezza di libera inflessione  $l_0=0.5 d$ . Normalmente il modo di instabilità (b) dovrebbe essere impedito da “opportuni elementi di ritegno”, ad esempio il solaio in c.a.

Per la larghezza efficace si assume:

$$b_{eff} = \sqrt{h^2 + s_s^2} = \sqrt{210^2 + 59.2^2} = 218.2 \text{ mm} \quad [\text{EC3 5.79}]$$

essendo  $s_s$  la larghezza di contatto rigido presa uguale a:

$$s_s = t_{fb} + \sqrt{2}a_f + t_p + u = 10.7 + \sqrt{2}6 + 20 + 20 = 59.2 \text{ mm}$$

Si verifica l'anima a carico di punta come un'asta semplice di sezione rettangolare con altezza  $t_{wc}$  e larghezza  $b_{eff}$  (inflessione attorno all'asse x-x di figura). Come indicato dall'EC3 [#5.7.5] si utilizza la curva d'instabilità c.

$$l_0 = 0.5 d = 94 \text{ mm} \quad b_{eff} = 218.2 \text{ mm}$$

$$i = t_{wc} / \sqrt{12} = 2.02 \text{ mm} \text{ raggio d'inerzia}$$

$$\lambda = l_0 / i = 46.5 \quad \text{snellezza}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.9 \cdot \varepsilon = 86.8 \text{ snellezza al limite elastico}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = 0.536 \quad \chi = 0.822$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{\chi \cdot t_{wc} \cdot b_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 313.9 \text{ kN}$$

La resistenza a compressione è quindi governata dall'instabilità:

$$F_{c,Rd} = N_{b,Rd} = 313.9 \text{ kN}$$

### J 3.6. Resistenza della zona soggetta a taglio

#### J 3.6.1. Pannello d'anima di colonna non irrigidito

(1) La resistenza plastica di progetto di un pannello d'anima di colonna non irrigidito, soggetto a forza di taglio (vedere fig. J 2.5), è data dall'espressione (resistenza plastica a taglio):

$$V_{pl,Rd} = \frac{f_{yc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 298.3 \text{ kN} \quad [\text{J 17}]$$

dove  $A_{vc}$  = area resistente a taglio della colonna

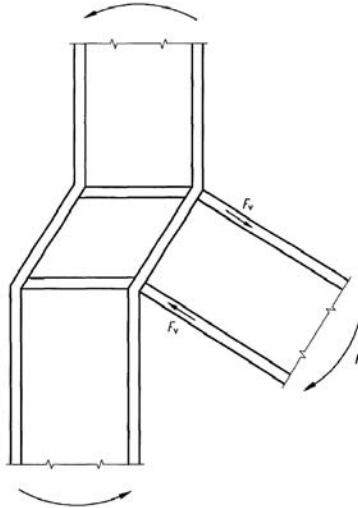


Fig. J 2.5 - Pannello d'anima di colonna non irrigidito soggetto a forza di tagli

(2) Inoltre si deve controllare, se necessario, la resistenza all'instabilità per taglio [5.4.6.(7)]

Per i profili laminati di comune impiego (tipo HE) in genere non si hanno problemi di imbozzamento del pannello d'anima. Nel nostro caso si ha:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{152}{11} = 14 \ll 69 \cdot \varepsilon = 63.8 \quad [\text{EC3 \#5.4.6 (7)}]$$

La resistenza del pannello d'anima a taglio è quindi:

$$V_{wp,Rd} = 298 \text{ kN}$$

### Riepilogo:

$$V_{wp,Rd} = 298 \text{ kN}$$

resistenza del pannello d'anima a taglio

$$F_{c,wc,Rd} = 313.9 \text{ kN}$$

resistenza a compressione dell'anima della colonna

$$F_{t,wc,Rd} = 549.9 \text{ kN}$$

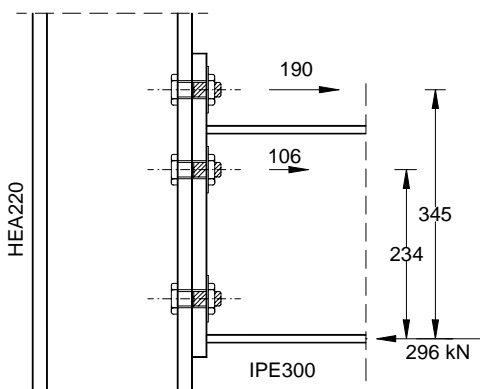
resistenza a trazione dell'anima della colonna

$$F_{t,fc,Rd} = 296 \text{ kN}$$

resistenza a trazione dell'ala della colonna

$$F_{t,p,Rd} = 564 \text{ kN}$$

resistenza a trazione della flangia d'estremità



Si deduce che la resistenza del giunto flangiato non irrigidito è governata dalla resistenza a trazione dell'ala della colonna, che globalmente (resistenza di gruppo) ha una resistenza di 296 kN. Il momento resistente si calcola sfruttando la resistenza massima della fila esterna di bulloni, che ha il braccio maggiore, e attribuendo alla fila interna la resistenza rimanente:

$$M_{j.Rd} = F_{t.fc.Rd}^{ext} z^{ext} + F_{t.fc.Rd}^{int} z^{int} = 190.1 \cdot 0.34465 + 105.9 \cdot 0.23395 = 90.3 \text{ kNm}$$

essendo:  $z^{ext} = 300 - 10.7/2 + 50 = 344.65 \text{ mm}$

$$z^{int} = 344.65 - 10.7 - 100 = 233.95 \text{ mm}$$

$$\frac{M_{c.Rd}}{M_{j.Rd}} = \frac{157}{90} = 1.74$$

Il valore del momento resistente del giunto è modesto se confrontato con il momento resistente della colonna (HEA 220,  $M_{cy,Rd} = 142.1 \text{ kNm}$ ) e della trave (IPE 300,  $M_{cy,Rd} = 157.1 \text{ kNm}$ ). Anche in questo caso, come nell'esempio di giunto saldato, per poter realizzare un giunto a completo ripristino è necessario rinforzare la colonna con irrigidimenti (nervature orizzontali ed eventualmente anche un irrigidimento diagonale).



## USO DEL PROGRAMMA PROFILI - Verifica

**Giunto Flangiato - F1 per aiuto - File: Lezione\_GiuntoFlangiato**

File ?

**Dati generali**    Verifica/progetto    Resistenza    Rigidezza    Geometria

Titolo:

**Tipo di nodo**

A due vie:

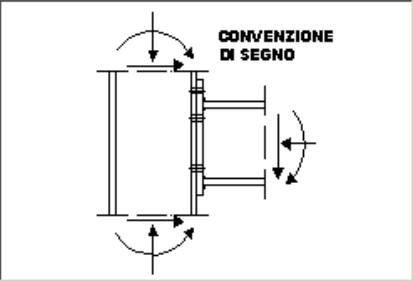
con colonna superiore

senza colonna superiore

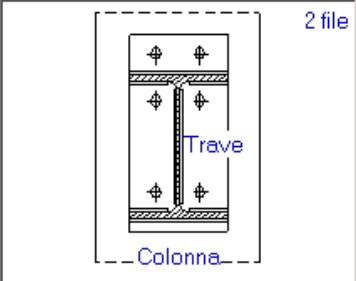
A una via:

con colonna superiore

senza colonna superiore



**CONVENZIONE DI SEGNO**



2 file

**Irrigidimenti**

senza irrigidimenti     con irrigidimenti     irrigidimento in zona compressa

**Bulloni in zona tesa**    **Classe bulloni**

1 fila     2 file     Classe 8.8     Classe 10.9

**Profili**

Colonna inf.

Trave dx  L  [m]

**Calcolo  $\beta$**

Analitico ?

Cautelativo ?

**Sollecitazioni**

**Colonna Inf.**    **Colonna Sup.**

N  [KN]    V  [KN]

V  [KN]    M  [KNm]

M  [KNm]

**Trave Destra**

N  [KN]    V  [KN]

V  [KN]    M  [KNm]

M  [KNm]

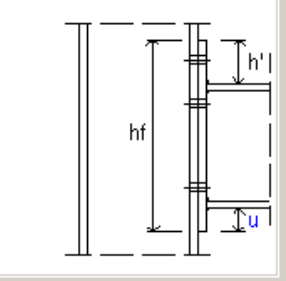
**Giunto Flangiato - F1 per aiuto - File: Lezione\_GiuntoFlangiato**

File ?

**Dati generali**    **Verifica/progetto**    Resistenza    Rigidezza    Geometria

Verifica

Progetto



**Parametri**

d =  mm

tf =  mm

bf =  mm

ef =  mm

ex =  mm

d2 =  mm

d1 =  mm

u =  mm

h' =  mm

hf =  mm

**Verifica a taglio**

$V_{jSd} = 0,00$  [KN]

$V_{jRd}$  (solo fila compressa)

$V_{jRd}$  (fila tesa e una fila comp.)

**Verifica a flessione**

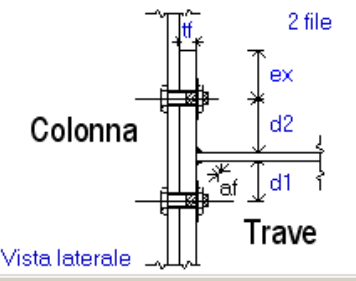
$M_{jSd} = 0,00$  [KNm]

$M_{jRd,pl}$  (S.L.U.)

$M_{jRd,el}$  (Al limite elastico)

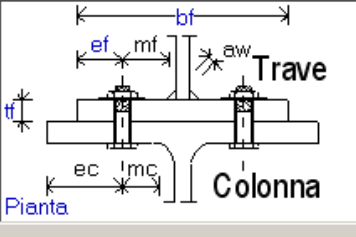
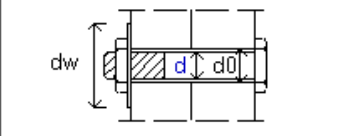
      

**Vista laterale**



2 file

**Pianta**

Giunto Flangiato - F1 per aiuto - File: Lezione\_GiuntoFlangiato

File ?

Dati generali    Verifica/progetto    **Resistenza**    Rigidezza    Geometria

**Resistenze efficaci file bulloni**

Fila esterna  $F_{tr,Rd} = 190$  [KN]  
 Fila interna  $F_{tr,Rd} = 106$  [KN]

**Momenti resistenti di progetto**

Giunto  $M_{j,Rd} = 90,29$  [KNm]  
 Trave  $M_{b,Rd,pl} = 157$  [KNm]

**Giunto a parziale ripristino di resistenza (EC3-6.9.6.3)**

**Coefficienti riduttivi**

$\beta = 1,00$   
 $K_{wc} = 1,00$   
 $K_{fc} = 1,00$

**Resistenza singoli componenti [kN]**

**Zona in trazione**

Anima colonna: 550 [?]  
 Anima trave: 453 [?]  
 Coppia bulloni: 353 [?]

Ala colonna      Flangia di estremità  
 Ridistribuite

Fila esterna: 190 [?]    **190**    231 [?]  
 Fila interna: 106 [?]    **106**    331 [?]

**Zona in compressione**

Anima colonna (schiacciamento): 357 [?]  
 Anima colonna (instabilità): 308 [?]

**Zona a taglio**

Anima colonna: 298 [?]

**Il momento resistente del giunto è governato da :**  
**Fila int. dall'ala della colonna a flessione**  
**Fila est. dall'ala della colonna a flessione**

### Progetto

Per il progetto i dati di input sono lo spessore massimo  $t_{f,max}$  della flangia, la sporgenza massima  $h'_{max}$  superiore, e inferiore  $u_{max}$ . Fissiamo la sporgenza massima superiore in 150 mm, in modo che la flangia rimanga nello spessore del solaio. Per  $t_{f,max}$  e  $u_{max}$  inseriamo valori elevati (100 mm).

Giunto Flangiato - F1 per aiuto - File: Metelli1

File ?

Dati generali    **Verifica/progetto**    Resistenza    Rigidezza    Geometria

Verifica  
 **Progetto**

**Progetto**

Veloce  
 Accurato

**Vincoli progetto**

$t_{f,max} = 100$  mm  
 $h'_{max} = 150$  mm  
 $u_{max} = 100$  mm

Progetta per M [kNm] =

$M_{b,Rd} = 157$   
  $1.2 M_{b,Rd} = 189$   
  $M_{j,Sd} = 0$

**Parametri**

$d = 18$  mm  
 $t_f = 47$  mm  
 $bf = 150$  mm  
 $ef = 30$  mm  
 $ex = 25$  mm  
 $d2 = 125$  mm  
 $d1 = 31$  mm  
 $u = 56$  mm  
 $h' = 150$  mm  
 $hf = 506$  mm

**Verifica a taglio**

$V_{jSd} = 0,00$  [KN]  
 $V_{jRd}$  (solo fila compressa): 153,60 [OK]  
 $V_{jRd}$  (fila tesa e una fila comp.): 197,49 [OK]

**Verifica a flessione**

$M_{jSd} = 0,00$  [KNm]  
 $M_{jRd,pl}$  (S.L.U.): 107,15 [OK]  
 $M_{jRd,el}$  (Al limite elastico): 71,43 [OK]

**Diagrammi:**

- Vista laterale: Colonna e Trave con dimensioni  $hf$ ,  $h'$ ,  $u$ ,  $t_f$ ,  $d2$ ,  $d1$ ,  $af$ .
- Pianta: Trave e Colonna con dimensioni  $bf$ ,  $ef$ ,  $mf$ ,  $aw$ ,  $ec$ ,  $l_{mc}$ .
- Trasversale: Colonna con dimensioni  $dw$ ,  $d$ ,  $d0$ .

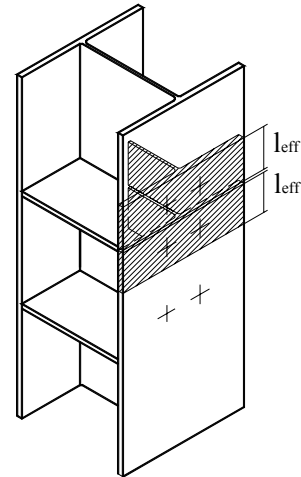
**Progetta**    **Plotta**    **Risultati**

L'aumento di resistenza è modesto ( $M_{j,Rd}=107$  kNm). La massima resistenza si ha con bulloni  $d=18$  mm, spessore flangia  $t_f=47$  mm,  $u=56$  mm.

## Soluzione con irrigidimenti

poiché la trazione e la compressione nell'anima della colonna vengono in questo caso assorbite dalle nervature, le zone da controllare si riducono alla flangia d'estremità, all'ala della colonna a trazione e al pannello d'anima della colonna a taglio.

La resistenza della flangia d'estremità è invariata rispetto all'esempio precedente. La presenza delle nervature rende necessario ricalcolare la resistenza a taglio dell'anima della colonna e a trazione dell'ala della colonna. I gruppi di bulloni posti sopra e sotto gli irrigidimenti sono modellati come elementi a T equivalenti separati [EC3 J.3.5.5.3 (2)] (non è necessario controllare la resistenza di gruppo). Nel caso in esame, data la simmetria, i due elementi a T interno ed esterno rispetto all'irrigidimento sono uguali.



Caso con irrigidimenti

### J 3.4. Resistenza della zona di trazione

#### J 3.4.3. Ala di colonna irrigidita

(1) Si deve prendere come larghezza efficace per ciascuna riga di bulloni il minore dei valori che seguono:

(a) per bulloni adiacenti ad un irrigidimento:

$$l_{eff,a} = 201 = \min \begin{cases} 2\pi \cdot m_c = 201.7 \\ \alpha \cdot m_c = 224 \end{cases}$$

essendo  $\alpha=7$ , ricavato dall'abaco di fig. J.27 con:

$$\lambda_1 = \frac{m_c}{m_c + e_c} = \frac{32.1}{32.1 + 60} = 0.348 \quad \lambda_2 = \frac{m_{xs}}{m_c + e_c} = \frac{43.21}{32.1 + 60} = 0.469$$

Momento resistente plastico dell'elemento a T

$$M_{pl,Rd} = \frac{t_{fc}^2 \cdot l_{eff}}{4} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.525 \text{ kNm}$$

Forze resistenti di progetto per le tre modalità di collasso:

$$F_{T1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m} = 190.1 \text{ kN} \quad \text{modalità di collasso 1}$$

$$F_{T2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n} = 243 \text{ kN} \quad \text{modalità di collasso 2}$$

$$F_{T3,Rd} = \sum B_{T,Rd} = 2 B_{T,Rd} = 352.8 \text{ kN} \quad \text{modalità di collasso 3}$$

essendo:

$$m = m_c = 32.1 \text{ mm}$$

$$n = \min\{1.25m_c; e_p; e_c\} = \min\{40.1; 50; 60\} = 40.1 \text{ mm}$$

Governa la modalità di collasso 1:

$$F_{T,Rd} = \min\{F_{T1,Rd}; F_{T2,Rd}; F_{T3,Rd}\} = 190.1 \text{ kN}$$

La resistenza a trazione dell'ala della colonna (somma della resistenza dei due elementi a T equivalenti) vale quindi:

$$F_{t.fc,Rd} = 2 \cdot F_{T,Rd} = 2 \cdot 190.1 = \boxed{380.2 \text{ kN}}$$

### J 3.6. Resistenza della zona soggetta a taglio

#### J 3.6.2. Pannello d'anima di colonna irrigidito

La resistenza a taglio è la stessa del caso senza irrigidimenti:

$$V_{pl,Rd} = \frac{f_{yc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 298.3 \text{ kN} \quad [J 17]$$

### Riepilogo

$V_{pl,Rd} = 298.3 \text{ kN}$	<u>resistenza del pannello d'anima a taglio</u>
$F_{t.fc,Rd} = 380.2 \text{ kN}$	resistenza a trazione dell'ala della colonna
$F_{t.p,Rd} = 564 \text{ kN}$	resistenza a trazione della flangia d'estremità

Poiché la resistenza del giunto è governata dalla resistenza a taglio del pannello d'anima della colonna, il momento resistente si calcola sfruttando la resistenza massima della fila esterna di bulloni, che ha il braccio maggiore, e attribuendo alla fila interna la resistenza rimanente:

$$\boxed{M_{j,Rd} = F_{t.fc,Rd}^{ext} z^{ext} + F_{t.fc,Rd}^{int} z^{int} = 190.1 \cdot 0.34465 + 108.3 \cdot 0.23395 = 90.85 \text{ kNm}}$$

L'introduzione degli irrigidimenti non ha praticamente variato la resistenza del giunto. Per aumentarla si deve introdurre un irrigidimento diagonale. In tal caso (vedi es. giunto saldato) la resistenza a taglio risulta:

$$V_{wp,Rd} = V_{pl,Rd} + N_{b,Rd}^d \cdot \cos \beta = 298.3 + 405 \cdot 0.56 = 525 \text{ kN}$$

essendo  $N_{b,Rd}^d$  la forza resistente a compressione del diagonale

$\beta$  l'angolo che l'irrigidimento diagonale forma con l'orizzontale

La componente più debole del giunto risulta essere ora l'ala della colonna a trazione. Il momento resistente risulta:

$$M_{j,Rd} = F_{t.fc.Rd}^{ext} z^{ext} + F_{t.fc.Rd}^{int} z^{int} = 190.1 \cdot (0.34465 + 0.23395) = 190.1 \cdot 0.2893 = 110 \text{ kNm}$$

Il guadagno di resistenza è ancora modesto perché la resistenza è governata dall'ala della colonna, meccanismo di collasso 1. Nell'edizione del 1994 dell'Appendice J, non recepita dall'edizione italiana, al #J 3.2.4. è presentato un metodo alternativo per calcolare la forza resistente di un elemento a T equivalente per la modalità di collasso 1. Se si tiene conto della dimensione della testa del bullone, del dado e della eventuale rondella, la forza trasmessa dal bullone non è più concentrata in corrispondenza del centro del bullone. Questo metodo conduce ad un valore più alto della resistenza di progetto dell'elemento a T per la modalità di collasso 1 (meccanismo plastico completo dell'ala):

$$F_{T1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w)M_{pl,Rd}}{2mn - e_w(m + n)}$$

essendo:  $e_w = d_w/4$  e  $d_w =$  diametro della rondella o della testa del bullone o del dado.

Con  $d_w = 37 \text{ mm}$

$$m = m_c = 32 \text{ mm}$$

$$n = \min\{1.25m_c; e_p; e_c\} = \min\{40; 50; 60\} = 40$$

si ottiene:

$$F_{T1,Rd} = 275 \text{ kN}$$

Per cui la modalità di collasso dell'elemento a T dell'ala della colonna è ora la 2:

$$F_{T1,Rd} = 275 \text{ kN} > F_{T2,Rd} = 243 \text{ kN}$$

La resistenza a trazione dell'ala della colonna risulta quindi:

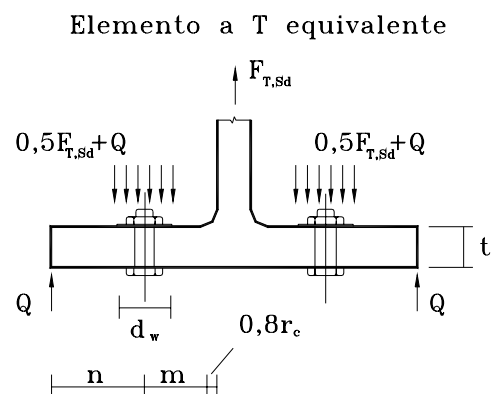
$$F_{t.fc.Rd} = 2 \cdot F_{T,Rd} = 2 \cdot 243 = 486 \text{ kN}$$

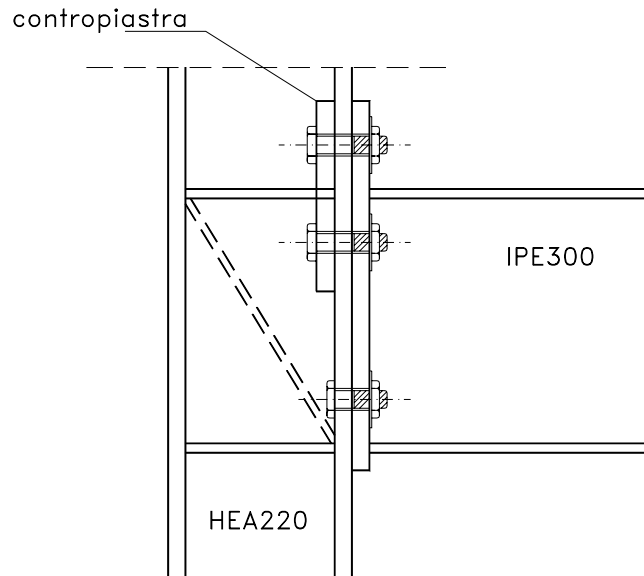
Il momento resistente del giunto diviene quindi:

$$M_{j,Rd} = F_{t.fc.Rd} \cdot z = 486 \cdot 0.2893 = 140.6 \text{ kNm}$$

valore assai prossimo al valore del momento resistente plastico della colonna.

La versione italiana dell'Appendice J, pur non contemplando il metodo di verifica alternativo sopra esposto, prevede però il rinforzo dell'ala della colonna a trazione con contropiastre [J.3.4.2.] come illustrato nella figura seguente.





Possiamo concludere che nel nostro caso dal punto di vista della resistenza il giunto flangiato può essere perfettamente equivalente al giunto saldato solo con l'introduzione delle contropiastre.

Dal punto di vista economico si deve valutare la convenienza di aumentare la dimensioni della colonna, ad esempio adottando un HEB220. Poiché lo spessore dell'ala passa da 11 a 16mm la resistenza dell'ala della colonna a trazione passa da un valore di 486 kN a 590 kN ottenendo un momento resistente del giunto di 153 kNm.

I risparmi più consistenti si possono ottenere però senza gli irrigidimenti della colonna, considerando il giunto come semi-rigido e conducendo l'analisi globale del telaio semi-continuo.

Si avranno momenti agli estremi delle travi più bassi, compatibili con la resistenza del giunto. La convenienza deve essere valutata caso per caso. I calcoli sono notevolmente più onerosi se non supportati da un apposito strumento informatico.