

Regione autonoma della Sardegna  
(Provincia di Nuoro)



Comune di Macomer

CONSORZIO PER LA ZONA INDUSTRIALE DI MACOMER

PROGETTO ESECUTIVO  
PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA  
DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO

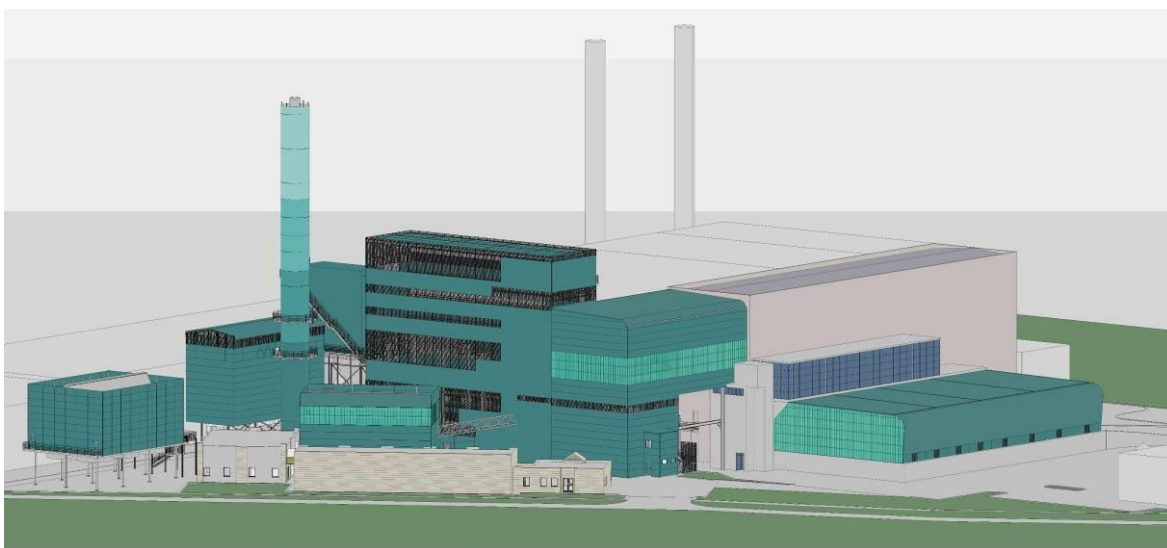
ATI: AREA IMPIANTI - MONSUD S.p.A.



Progettista incaricato:



PROGETTO ESECUTIVO



AREA 200 – FORNO/CALDAIA

Sistema Qualità Certificato



UNI EN ISO 9001 (ISO 9001)  
Certificato n° FS 587971

CODICE DESCRITTIVO: ITV240FMRR719,3.00			N° ALLEGATO:C.10,3		
0	12/04/2016	EMISSIONE	cambrì	martino	martino
1					
2					
3					
4					
<b>revisione</b>	<b>data</b>	<b>descrizione</b>	<b>redatto</b>	<b>controllato</b>	<b>approvato</b>

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	Rev.0	
	<i>Tabulati di collegamento scala forno caldaia</i>	PAG. III/58	

## INDICE

<b>1.</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO .....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>GIUNTI DI BASE.....</b>	<b>13</b>
3.1	PILASTRO HEB340.....	17
3.2	COSCIALE UPN240 .....	23
<b>4.</b>	<b>CONNESSIONI TRAVE – TRAVE .....</b>	<b>28</b>
4.1	GENERALE.....	28
4.2	UPN240 – UPN 240 .....	33
<b>5.</b>	<b>CONNESSIONI TRAVE – COLONNA .....</b>	<b>40</b>
5.1	GENERALE.....	40
5.2	TRAVE UPN240 – COLONNA HEB340 .....	46
<b>6.</b>	<b>GIUNTO CON PIATTO SALDATO .....</b>	<b>53</b>
6.1	GENERALE.....	53
6.2	ANGOLARI SINGOLI O ACCOPPIATI 80x80X8/10.....	56

## 1. CRITERI DI VERIFICA

Si riportano di seguito i paragrafi delle NTC relativi alle unioni per le strutture in acciaio:

### 4.2.8.1.1 Unioni con bulloni e chiodi

**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	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$
Prearico di bulloni ad alta resistenza	$\gamma_{M7} = 1,10$

La posizione dei fori per le unioni bullonate o chiodate deve rispettare le limitazioni presentate nella Tab. 4.2.XIII, che fa riferimento agli schemi di unione riportati nella Fig. 4.2.3.

**Tabella 4.2.XIII** Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate.

Distanze e interassi (Fig. 4.2.3)	Minimo	Massimo		
		Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione (EN10025-5)
$e_1$	$1,2 d_0$	$4t+40\text{mm}$	-	$\max(8t;125\text{mm})$
$e_2$	$1,2 d_0$	$4t+40\text{mm}$	-	$\max(8t;125\text{mm})$
$p_1$	$2,2 d_0$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;175\text{mm})$
$p_{1,0}$	-	$\min(14t;200\text{mm})$	-	-
$p_{1,i}$	-	$\min(28t;400\text{mm})$	-	-
$p_2$	$2,4 d_0$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;200\text{mm})$	$\min(14t;175\text{mm})$

L'instabilità locale del piatto posto tra i bulloni/chiodi non deve essere considerata se  $(p_1/t) < [9(235/f_y)^{0.5}]$ : in caso contrario si assumerà una lunghezza di libera inflessione pari a  $0.6 \cdot p_1$ .  
t è lo spessore minimo degli elementi esterni collegati.

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. Si può derogare da tali limiti quando eventuali assestamenti sotto i carichi di servizio non comportino il superamento dei limiti di deformabilità o di servizio. 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, o altri accorgimenti di riconosciuta validità.

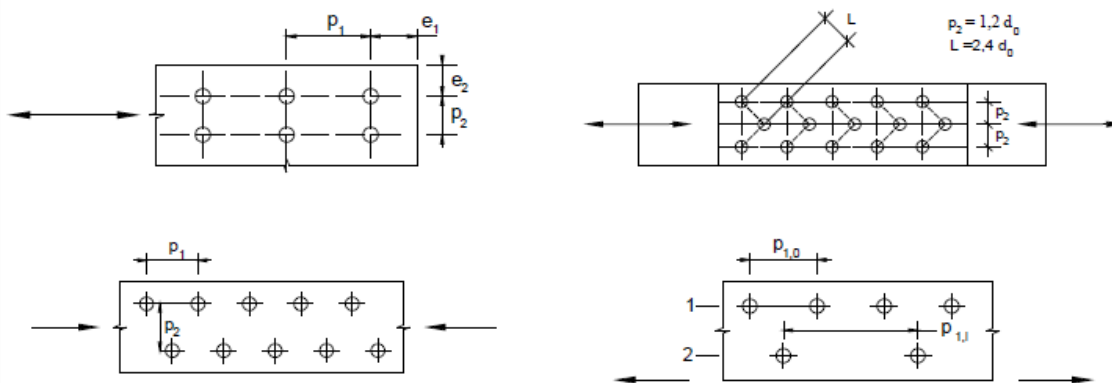


Figura 4.2.3 - Disposizione dei fori per le realizzazioni di unioni bullonate o chiodate

#### Unioni con bulloni o chiodi soggette a taglio e/o a trazione

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni e dei chiodi  $F_{v,Rd}$ , per ogni piano di taglio che interessa il gambo dell'elemento di connessione, può essere assunta pari a:

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8;} \quad (4.2.57)$$

$$F_{v,Rd} = 0,5 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ bulloni classe 6.8 e 10.9;} \quad (4.2.58)$$

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tr} A_0 / \gamma_{M2}, \text{ per i chiodi.} \quad (4.2.59)$$

$A_{res}$  indica l'area resistente della vite e si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata della vite. Nei casi in cui il piano di taglio interessa il gambo non filettato della vite si ha

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2}, \text{ bulloni - tutte le classi di resistenza,} \quad (4.2.60)$$

dove  $A$  indica l'area nominale del gambo della vite e  $f_{tb}$ , invece, indica la resistenza a rottura del materiale impiegato per realizzare il bullone. Con  $f_{tr}$  è indicata la resistenza del materiale utilizzato per i chiodi, mentre  $A_0$  indica la sezione del foro.

La resistenza di calcolo a rifollamento  $F_{b,Rd}$  del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere assunta pari a

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2}, \quad (4.2.61)$$

dove:

$d$  è il diametro nominale del gambo del bullone,

$t$  è lo spessore della piastra collegata,

$f_{tk}$  è la resistenza a rottura del materiale della piastra collegata,

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

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

$k = \min \{ 2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$  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 Fig. 4.2.3 e  $d_0$  il diametro nominale del foro di alloggiamento del bullone,

La resistenza di calcolo a trazione degli elementi di connessione  $F_{t,Rd}$  può essere assunta pari a:

$$F_{t,Rd} = 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ per i bulloni;} \quad (4.2.62)$$

$$F_{t,Rd} = 0,6 f_{tr} A_{res} / \gamma_{M2}, \text{ per i chiodi.} \quad (4.2.63)$$

Inoltre, nelle unioni bullonate soggette a trazione è necessario verificare la piastra a punzonamento; ciò non è richiesto per le unioni chiodate. La resistenza a punzonamento del piatto collegato è pari a

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_{tk} / \gamma_{M2}; \quad (4.2.64)$$

dove  $d_m$  è il minimo tra il diametro del dado e il diametro medio della testa del bullone;  $t_p$  è lo spessore del piatto e  $f_{tk}$  è la tensione di rottura dell'acciaio del piatto.

La resistenza complessiva della singola unione a taglio è perciò data da  $\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})$ , mentre la resistenza della singola unione a trazione è ottenuta come  $\min(B_{p,Rd}; F_{t,Rd})$ .

Nel caso di presenza combinata di trazione e taglio si può adottare la formula di interazione lineare:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1, \quad (4.2.65)$$

con la limitazione  $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$ , dove con  $F_{v,Ed}$  ed  $F_{t,Ed}$  si sono indicate rispettivamente le sollecitazioni di taglio e di trazione agenti sull'unione; per brevità, le resistenze a taglio ed a trazione dell'unione sono state indicate con  $F_{v,Rd}$  ed  $F_{t,Rd}$ .

#### Unioni a taglio per attrito con bulloni ad alta resistenza

La resistenza di calcolo allo scorrimento  $F_{s,Rd}$  di un bullone di classe 8.8 o 10.9 precaricato può essere assunta pari a:

$$F_{s,Rd} = n \mu F_{p,C} / \gamma_{M3}. \quad (4.2.66)$$

dove:

$n$  è il numero delle superfici di attrito,

$\mu$  è il coefficiente di attrito di cui al § 4.2.8.1.1,

$F_{p,C}$  è la forza di precarico del bullone che, in caso di serraggio controllato, può essere assunta pari a  $0,7 f_{tb} A_{res}$ , invece che pari a  $0,7 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M7}$ .

Nel caso un collegamento ad attrito con bulloni ad alta resistenza precaricati sia soggetto a trazione  $F_{t,Ed}$  (allo stato limite ultimo) la resistenza di calcolo allo scorrimento  $F_{s,Rd}$  si riduce rispetto al valore sopra indicato e può essere assunta pari a:

$$F_{s,Rd} = n \mu ( F_{p,C} - 0,8 F_{t,Ed} ) / \gamma_{M3}. \quad (4.2.67)$$

Nel caso di verifica allo scorrimento nello stato limite di esercizio, in modo analogo si può assumere:

$$F_{s,Rd,eser} = n \mu ( F_{p,C} - 0,8 F_{t,Ed,eser} ) / \gamma_{M3}, \quad (4.2.68)$$

dove  $F_{t,Ed,eser}$  è la sollecitazione di calcolo ottenuta dalla combinazione dei carichi per le verifiche in esercizio.

#### 4.2.8.2 Unioni saldate

Nel presente paragrafo sono considerate unioni saldate a piena penetrazione, a parziale penetrazione, ed unioni realizzate con cordoni d'angolo. Per i requisiti riguardanti i procedimenti di saldatura, i materiali d'apporto e i controlli idonei e necessari per la realizzazione di saldature dotate di prestazioni meccaniche adeguate ai livelli di sicurezza richiesti dalla presente norma, si faccia riferimento al § 11.3.4.5.

##### 4.2.8.2.1 Unioni con saldature a piena penetrazione

I collegamenti testa a testa, a T e a croce a piena penetrazione sono generalmente realizzati con materiali d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Pertanto la resistenza di calcolo dei collegamenti a piena penetrazione si assume eguale alla resistenza di progetto del più debole tra gli elementi connessi. Una saldatura a piena penetrazione è caratterizzata dalla piena fusione del metallo di base attraverso tutto lo spessore dell'elemento da unire con il materiale di apporto.

##### 4.2.8.2.2 Unioni con saldature a parziale penetrazione

I collegamenti testa a testa, a T e a croce a parziale penetrazione vengono verificati con gli stessi criteri dei cordoni d'angolo (di cui al successivo § 4.2.8.2.4.).

L'altezza di gola dei cordoni d'angolo da utilizzare nelle verifiche è quella teorica, corrispondente alla preparazione adottata e specificata nei disegni di progetto, senza tenere conto della penetrazione e del sovrametallo di saldatura, in conformità con la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

##### 4.2.8.2.3 Unioni con saldature a cordoni d'angolo

La resistenza di progetto, per unità di lunghezza, dei cordoni d'angolo si determina con riferimento all'altezza di gola "a", cioè all'altezza "a" del triangolo iscritto nella sezione trasversale del cordone

stesso (Fig. 4.2.4).

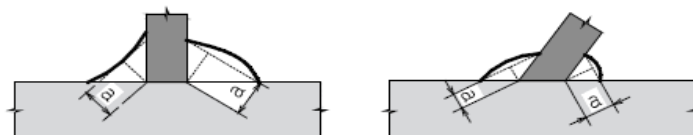


Figura 4.2.4 - Definizione dell'area di gola per le saldature a cordone d'angolo.

La lunghezza di calcolo  $L$  è quella intera del cordone, purché questo non abbia estremità palesemente mancanti o difettose.

Eventuali tensioni  $\sigma_{//}$  definite al § successivo agenti nella sezione trasversale del cordone, inteso come parte della sezione resistente della membratura, non devono essere prese in considerazione ai fini della verifica del cordone stesso.

Per il calcolo della resistenza delle saldature con cordoni d'angolo, qualora si faccia riferimento ai modelli di calcolo presentati nel paragrafo seguente, si adottano i fattori parziali  $\gamma_M$  indicati in Tab. 4.2.XII. E' possibile utilizzare modelli contenuti in normative di comprovata validità, adottando fattori parziali  $\gamma_M$  che garantiscano i livelli di sicurezza stabiliti nelle presenti norme.

Ai fini della durabilità delle costruzioni, le saldature correnti a cordoni intermittenti, realizzati in modo non continuo lungo i lembi delle parti da unire, non sono ammesse in strutture non sicuramente protette contro la corrosione.

Per le verifiche occorre riferirsi alternativamente alla sezione di gola nella effettiva posizione o in posizione ribaltata, come indicato nel paragrafo successivo.

#### 4.2.8.2.4 Resistenza delle saldature a cordoni d'angolo

Allo stato limite ultimo le azioni di calcolo sui cordoni d'angolo si distribuiscono uniformemente sulla sezione di gola (definita al § 4.2.8.2.3).

Nel seguito si indicano con  $\sigma_{\perp}$  la tensione normale e con  $\tau_{\perp}$  la tensione tangenziale perpendicolari all'asse del cordone d'angolo, agenti nella sezione di gola nella sua posizione effettiva, e con  $\sigma_{\parallel}$  la tensione normale e con  $\tau_{\parallel}$  la tensione tangenziale parallele all'asse del cordone d'angolo. La tensione normale  $\sigma_{\parallel}$  non influenza la resistenza del cordone.

Considerando la sezione di gola nella sua effettiva posizione, si può assumere la seguente condizione di resistenza

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_{tk} / (\beta \gamma_{M2}), \quad (4.2.75)$$

dove

$f_{tk}$  è la resistenza a rottura del più debole degli elementi collegati,

$\beta = 0,80$  per acciaio S235, 0,85 per acciaio S275, 0,90 per acciaio S355, 1,00 per acciaio S420 e S460.

In alternativa, detta a l'altezza di gola, si può adottare cautelativamente il criterio semplificato

$$F_{w,Ed} / F_{w,Rd} \leq 1, \quad (4.2.76)$$

dove  $F_{w,Ed}$  è la forza di calcolo che sollecita il cordone d'angolo per unità di lunghezza e  $F_{w,Rd}$  è la resistenza di calcolo del cordone d'angolo per unità di lunghezza

$$F_{w,Rd} = a f_{tk} / (\sqrt{3} \beta \gamma_{M2}). \quad (4.2.77)$$

Considerando la sezione di gola in posizione ribaltata, si indicano con  $n_{\perp}$  e con  $t_{\perp}$  la tensione normale e la tensione tangenziale perpendicolari all'asse del cordone.

La verifica dei cordoni d'angolo si effettua controllando che siano soddisfatte simultaneamente le due condizioni

$$\sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \quad (4.2.78)$$

$$|n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk}, \quad (4.2.79)$$

dove  $f_{yk}$  è la tensione di snervamento caratteristica ed i coefficienti  $\beta_1$  e  $\beta_2$  sono dati, in funzione del grado di acciaio, in Tab. 4.2.XIV.

Tabella 4.2.XIV Valori dei coefficienti  $\beta_1$  e  $\beta_2$

	S235	S275 - S355	S420 - S460
$\beta_1$	0,85	0,70	0,62
$\beta_2$	1,0	0,85	0,75

**Tabella 7.5.I - Fattori di sovrarresistenza  $\gamma_{Rd}$**

Acciaio	$\gamma_{Rd} = \frac{f_{y,m}}{f_{yk}}$
S 235	1,20
S 275	1,15
S 355	1,10
S 420	1,10
S 460	1,10

Se la tensione di snervamento  $f_{yk}$  dell'acciaio delle zone non dissipative e delle connessioni è superiore alla  $f_{y,max}$  dell'acciaio delle zone dissipative, è possibile assumere  $\gamma_{Rd}=1,00$ .

### 7.5.3.2 Parti tese delle zone dissipative

Nel caso di membrature tese con collegamenti bullonati, la resistenza plastica di progetto deve risultare inferiore alla resistenza ultima di progetto della sezione netta in corrispondenza dei fori per i dispositivi di collegamento. Pertanto si deve verificare che:

$$\frac{A_{res}}{A} \geq 1,1 \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{f_{yk}}{f_{tk}} \quad (7.5.1)$$

essendo  $A$  l'area lorda e  $A_{res}$  l'area resistente costituita dall'area netta in corrispondenza dei fori integrata da un'eventuale area di rinforzo e i fattori parziali  $\gamma_{M0}$  e  $\gamma_{M2}$  sono definiti nella Tab. 4.2.V del § 4.2.3.1.1. delle presenti norme.

### 7.5.3.3 Collegamenti in zone dissipative

I collegamenti in zone dissipative devono avere sufficiente sovrarresistenza per consentire la plasticizzazione delle parti collegate. Si ritiene che tale requisito di sovrarresistenza sia soddisfatto nel caso di saldature a completa penetrazione.

Nel caso di collegamenti con saldature a cordoni d'angolo e nel caso di collegamenti bullonati il seguente requisito deve essere soddisfatto:

$$R_{j,d} \geq \gamma_{Rd} \cdot 1,1 \cdot R_{pl,Rd} = R_{U,Rd} \quad (7.5.2)$$

dove:

$R_{j,d}$  è la resistenza di progetto del collegamento;

$R_{pl,Rd}$  è la resistenza plastica di progetto della membratura collegata (da valutarsi secondo le indicazioni del § 4.2;

$R_{U,Rd}$  è il limite superiore della resistenza plastica della membratura collegata.

### 7.5.4 REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE INTELAIATE

Al fine di conseguire un comportamento duttile, i telai devono essere progettati in modo che le cerniere plastiche si formino nelle travi piuttosto che nelle colonne.

Questo requisito non è richiesto per le sezioni delle colonne alla base ed alla sommità dei telai multipiano e per tutte le sezioni degli edifici monopiano.

#### 7.5.4.4 Collegamenti trave-colonna

I collegamenti trave-colonna devono essere progettati in modo da possedere una adeguata sovrarresistenza per consentire la formazione delle cerniere plastiche alle estremità delle travi secondo le indicazioni di cui al § 7.5.3.3. In particolare, il momento flettente resistente del collegamento,  $M_{j,Rd}$ , trave-colonna deve soddisfare la seguente relazione

$$M_{j,Rd} \geq 1,1 \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{b,pl,Rd} \quad (7.5.12)$$

dove  $M_{b,pl,Rd}$  è il momento resistente della trave collegata e  $\gamma_{Rd}$  è il coefficiente di sovra-resistenza indicato nella tabella 7.5.I.

#### 7.5.4.5 Pannelli nodali

Nei nodi trave-colonna, i pannelli d'anima delle colonne devono possedere una resistenza sufficiente e consentire lo sviluppo del meccanismo dissipativo della struttura a telaio, e cioè la plasticizzazione delle sezioni delle travi convergenti nel nodo trave-colonna.

La forza di taglio agente sul pannello d'anima del nodo trave-colonna deve essere determinata assumendo la completa plasticizzazione delle travi in esso convergenti secondo lo schema e le modalità previste in fase di progetto.

#### 7.5.4.6 Collegamenti colonna-fondazione

Il collegamento colonna-fondazione deve essere progettato in modo tale da risultare sovra-resistente rispetto alla colonna ad esso collegata.

In particolare, il momento resistente plastico del collegamento deve rispettare la seguente disuguaglianza

$$M_{C,Rd} \geq 1,1 \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{c,pl,Rd}(N_{Ed}) \quad (7.5.13)$$

dove  $M_{c,pl,Rd}$  è il momento resistente plastico di progetto della colonna, calcolato per lo sforzo normale di progetto  $N_{Ed}$  che fornisce la condizione più gravosa per il collegamento di base. Il coefficiente  $\gamma_{Rd}$  è fornito nel §7.5.1.

### 7.5.5 REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI

Le strutture con controventi concentrici devono essere progettate in modo che la plasticizzazione delle diagonali tese preceda la rottura delle connessioni e l'instabilizzazione di travi e colonne.

#### 7.5.5.1 Resistenza dei collegamenti

I collegamenti delle diagonali di controvento alle altre parti strutturali devono essere progettati secondo quanto esposto in § 7.5.3.3.

### 7.5.6 REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI

I controventi eccentrici dividono le travi dei telai in due o più parti. Ad una di queste parti, chiamata «elemento di connessione» o «link», è affidato il compito di dissipare l'energia sismica attraverso deformazioni plastiche cicliche taglianti e/o flessionali.

Gli elementi di connessione vengono denominati «corti» quando la plasticizzazione avviene per taglio, «lunghi» quando la plasticizzazione avviene per flessione e «intermedi» quando la plasticizzazione è un effetto combinato di taglio e flessione. In relazione alla lunghezza “e” del dell’elemento di connessione, si adotta la classificazione seguente:

$$\text{«corti»}: e \leq 0,8(1 + \alpha) \frac{M_{1,Rd}}{V_{1,Rd}} \quad (7.5.15a)$$

$$\text{«intermedi»}: 0,8(1 + \alpha) \frac{M_{1,Rd}}{V_{1,Rd}} < e < 1,5(1 + \alpha) \frac{M_{1,Rd}}{V_{1,Rd}} \quad (7.5.15b)$$

$$\text{«lunghi»}: e \geq 1,5(1 + \alpha) \frac{M_{1,Rd}}{V_{1,Rd}} \quad (7.5.15c)$$

dove  $M_{1,Rd}$  e  $V_{1,Rd}$  sono, rispettivamente, la resistenza flessionale e la resistenza a taglio di progetto dell’elemento di connessione,  $\alpha$  è il rapporto tra il minore ed il maggiore dei momenti flettenti attesi alle due estremità dell’elemento di connessione<sup>6</sup>. Per le sezioni ad I il momento resistente,  $M_{1,Rd}$ , ed il taglio resistente,  $V_{1,Rd}$ , dell’elemento di connessione sono definiti in assenza di sollecitazione assiale, rispettivamente, dalle formule:

$$M_{1,Rd} = f_y \cdot b \cdot t_f \cdot (h - t_f) \quad (7.5.16)$$

$$V_{1,Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot t_w \cdot (h - t_f) \quad (7.5.17)$$

In tutti i casi, gli irrigidimenti d’anima devono essere disposti da ambo i lati in corrispondenza delle estremità delle diagonali. Con riferimento al dettaglio costruttivo degli irrigidimenti, nel caso di «elementi di connessione corti» e travi di modesta altezza ( 600 mm) è sufficiente che gli irrigidimenti siano disposti da un solo lato dell’anima, impegnando almeno i 3/4 della altezza dell’anima. Tali irrigidimenti devono avere spessore non inferiore a  $t_w$ , e comunque non inferiore a 10 mm, e larghezza pari a  $(b_f/2) - t_w$ .

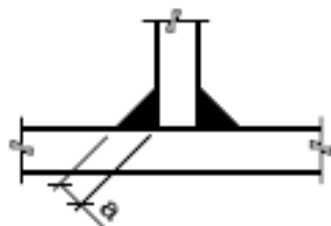
Nel caso degli elementi di connessione lunghi e degli elementi di connessione intermedi, gli irrigidimenti hanno lo scopo di ritardare l’instabilità locale e, pertanto, devono impegnare l’intera altezza dell’anima.

Le saldature che collegano il generico elemento di irrigidimento all’anima devono essere progettate per sopportare una sollecitazione pari a  $A_{st}f_y$ , essendo  $A_{st}$  l’area dell’elemento di irrigidimento; le saldature che lo collegano alle piattabande devono essere progettate per sopportare una sollecitazione pari a  $A_{st}f_y/4$ .

### 7.5.6.1 Resistenza dei collegamenti

Si applica quanto esposto in § 7.5.3.3, intendendo con il termine  $R_{p1,Rd}$  la resistenza plastica sviluppata dall’elemento di connessione.

Per la verifica delle saldature a cordone d’angolo si considera una dimensione “a” del cordone di saldatura almeno pari a 0.6 volte lo spessore minimo degli elementi da saldare.



## 2. CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Il codice di calcolo utilizzato per la verifica dei nodi è il seguente:

## Steel Connections V2012.025

**FIDES DV-Partner**  
**M?nchen - Mainz - Berlin**  
**Tel: 0049-89-143829-0 / Fax: 0049-89-143829-11**  
**Email: info@fides-dvp.de**  
**www.fides-dvp.de**



**Questo programma calcola e verifica i giunti di travi e colonne, bullonati o saldati, secondo le norme EC3**

**Informazioni del Sistema**

Piattaforma : Windows NT (6.1) - Versione 7601	Memoria fisica totale : -117384 kB
La memoria virtuale è 4096 bytes	Memoria fisica disponibile : 1757073 kB
Numero di processori 4	Memoria virtuale totale : -1 kB
Processore : Pentium	Memoria virtuale disponibile : -1 kB

### 3. GIUNTI DI BASE

#### Generale

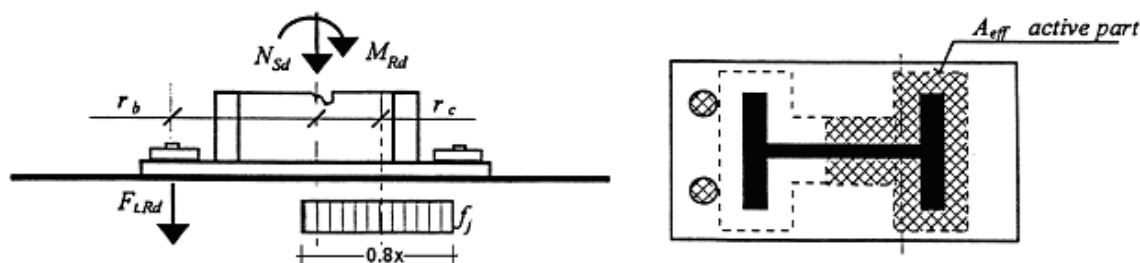
Questa categoria include i giunti delle colonne con fondazioni in calcestruzzo. I tipi di giunti il quale programma calcola sono i seguenti:

- Giunto a cerniera con piatto di fondazione
- Giunto fisso con piatto di fondazione
- Giunto fisso con piatto di fondazione e nervature

La soluzione del giunto descritto sopra è basata sul "metodo delle componenti". Questo metodo calcola le forze finali dei giunti dalla resistenza del suo "metodo delle componenti".

Il "metodo delle componenti" per questi giunti sono:

#### Resistenza del calcestruzzo a compressione



Resistenza del calcestruzzo a compressione ottenuta dalla relazione:

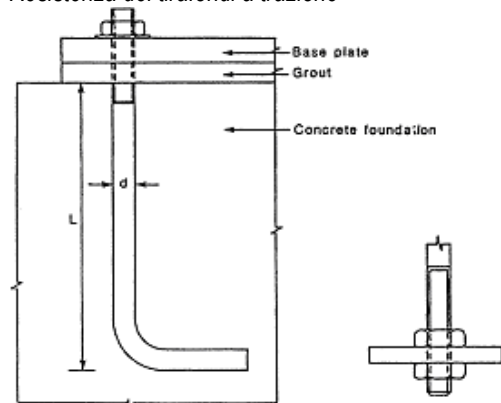
$$f_j = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd}$$

L'area effettiva della fondazione ottenuta dalla relazione:

$$c = t \left( \frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}} \right)^{0.5}$$

Con l'area effettiva, le forze e il momento applicate, il programma calcola la lunghezza dell'area compressa del giunto la quale è utilizzata per calcolare la forza di compressione applicata ad entrambi sulla fondazione in calcestruzzo e l'equivalente Elemento-T.

#### Resistenza dei tirafondi a trazione

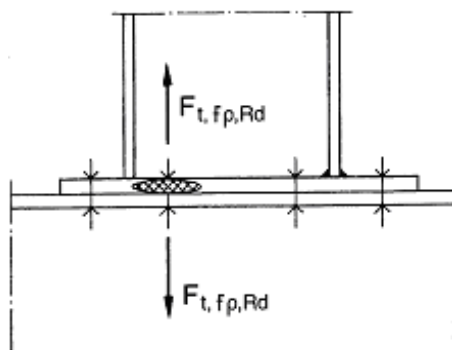


Resistenza di uno dei tirafondi è ottenuta dalla relazione:

$$F_{t,Rd} = 0.9 \cdot f_{u,a} \cdot A_s / \gamma_{M2} \dots (\text{Tabella 6.5.3.})$$

Il controllo dei tirafondi a trazione è eseguita dalla forza a trazione applicata conosciuta in precedenza. Anche la lunghezza dell'ancoraggio è stato calcolato usando le normative dell'EC2.

#### Resistenza del piatto di base a flessione

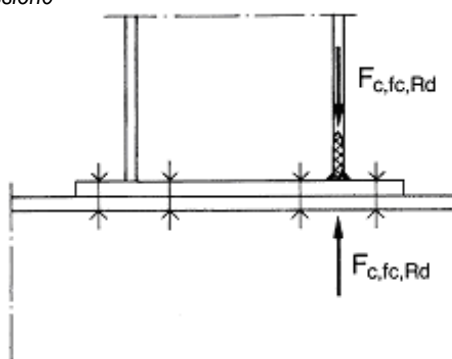


La resistenza del piatto di base a flessione assieme con i tirafondi associati a trazione è ottenuta utilizzando l'equivalente metodo Elemento-T per entrambi:

- 1 Ogni fila di bulloni individuale necessaria a resistere a trazione
- 2 Ogni gruppo di file di bulloni necessaria a resistere a trazione

Altri dettagli per l'equivalente metodo Elemento-T può essere trovato in questo manuale nella parte relative "trave-Colonna".

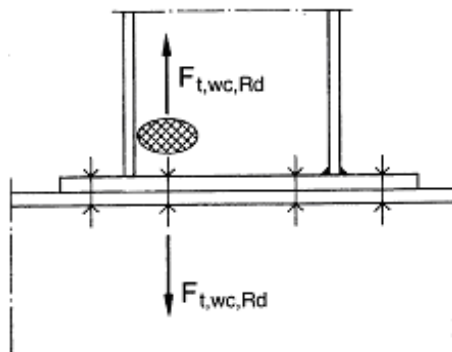
#### Ali e anima della colonna a compressione



La resistenza delle ali e anima della colonna a compressione è ottenuta dalla formula:

$$F_{c,fc,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fc}) \quad (5.2.6.7)$$



#### Anima della colonna a trazione



La resistenza dell'anima della colonna a trazione è ottenuta dalla formula:

$$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,twc} * t_{wc} * f_{y,wc} k_{wc} / \gamma_{M0} \dots (5.2.6.3)$$

#### Resistenza della saldature

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	Rev.0	
	<i>Tabulati di collegamento scala forno caldaia</i>	PAG. 15/58	

In aggiunta alla verifica del "metodo delle componenti" per i giunti la resistenza delle saldature è stata verificata (colonne-piatto di base, nervature ecc) in relazione con le sollecitazioni applicate. La verifica della saldature è ottenuta utilizzando la seguente relazione dell'EC3 (Annex M):

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{Mw}) \quad \sigma_{\perp} \leq f_u / \gamma_{Mw} \quad \text{dove: } \sigma_{\perp} = N_{sd} / A_w + M_{y,sd} / w_y + M_{z,sd} / w_z \quad \tau_{\perp} = V_{z,sd} / A_w$$

$$\tau_{//} = V_{y,sd} / A_w$$

#### Resistenza a taglio del giunto

Riguarda la resistenza del giunto a taglio e vengono eseguite le seguenti verifiche:

- a) resistenza dei tirafondi a taglio (quando non esiste l'elemento a taglio)
- b) resistenza del piatto di base a rifollamento (quando non esiste l'elemento a taglio)
- c) resistenza dell'elemento a taglio a flessione e taglio

La resistenza a taglio di ogni tirafondo è stata calcolata usando le formule dell'EC3:

$$f_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ua} f_s}{\gamma_{mb}} \quad , \text{ per classe bullone 4.6 / 5.6 / 8.8}$$

$$f_{v,Rd} = \frac{0,5 f_{ua} f_s}{\gamma_{mb}} \quad , \text{ per classe bullone 4.8 / 5.8 / 10.9}$$

$$f_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ua} f}{\gamma_{mb}} \quad , \text{ per tutte le classi dei bulloni quando il piano di taglio passa attraverso una parte non filettata del bullone.}$$

La resistenza del piatto di base a rifollamento per ogni posizione del tirafondo è stata calcolata utilizzando la seguente formula:

$$f_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_{ua} \cdot t}{\gamma_{mb}}$$

Per i tirafondi i quali combinano taglio e trazione la resistenza a taglio è ridotta secondo la seguente formula:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

La resistenza a taglio per ogni fila di tirafondi è il minimo risultato del controllo sopra e la resistenza finale a taglio del giunto è trovata aggiungendo la resistenza di tutte le file dei tirafondi del giunto.

Quando esiste un elemento a taglio tutte le forze a taglio applicate sono considerate per agire su di esse e tutte le verifiche di sopra per i tirafondi sono omesse, invece di loro le seguenti verifiche dell'elemento a taglio sono eseguite secondo l'EC3:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W \cdot f_y}{\gamma_{m0}}, V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \gamma_{m0}}$$

Rigidità rotazionale del giunto

La procedura della soluzione è descritta nell'EC3 parte 1.8. La rigidezza rotazionale del giunto determinata dalla flessibilità del "metodo delle componenti" attraverso il coefficiente elastico di rigidezza  $k_i$  come mostrato nella seguente formula dell'EC3:

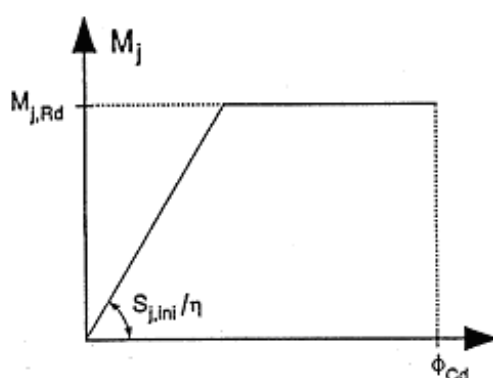
$$S_{j,ini} = \frac{E \cdot z^2}{\mu \cdot \left( \frac{1}{k_{T,l}} + \frac{1}{k_{T,R}} \right)} \cdot \frac{e}{e + e_k}$$

dove:

$k_j$  è il coefficiente di rigidezza del "metodo delle componenti"  $i$

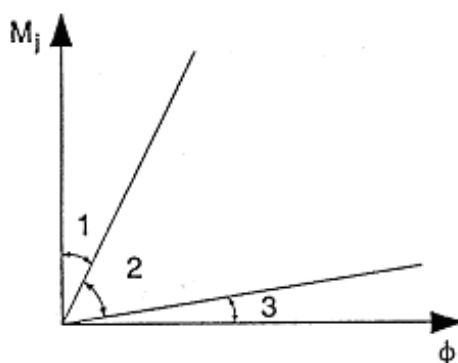
$z$  è il braccio di leva

$\mu$  è la frazione della rigidezza  $S_{j,ini}/S_j$



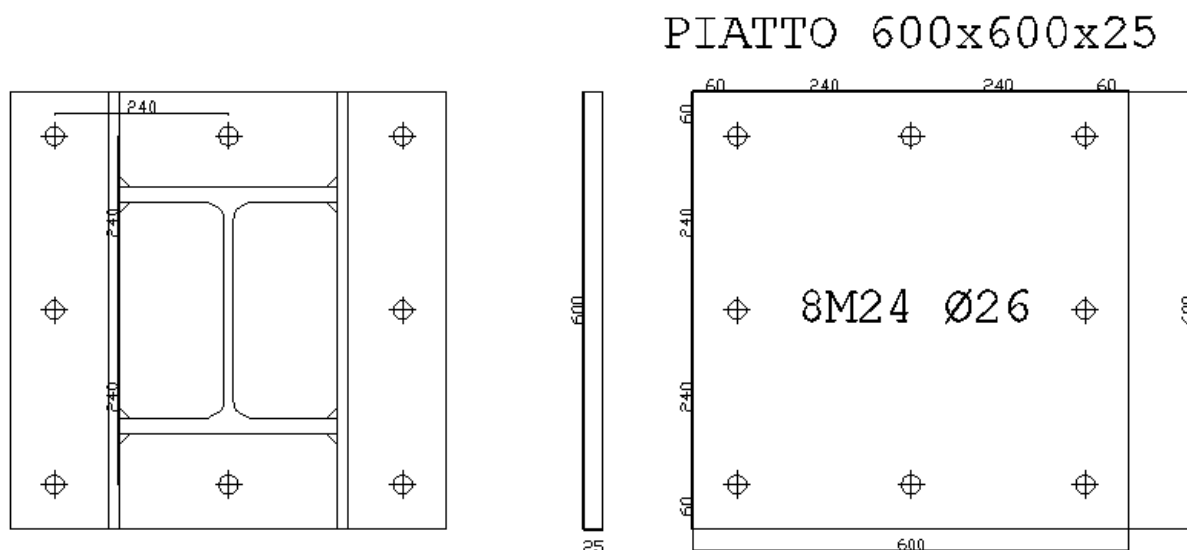
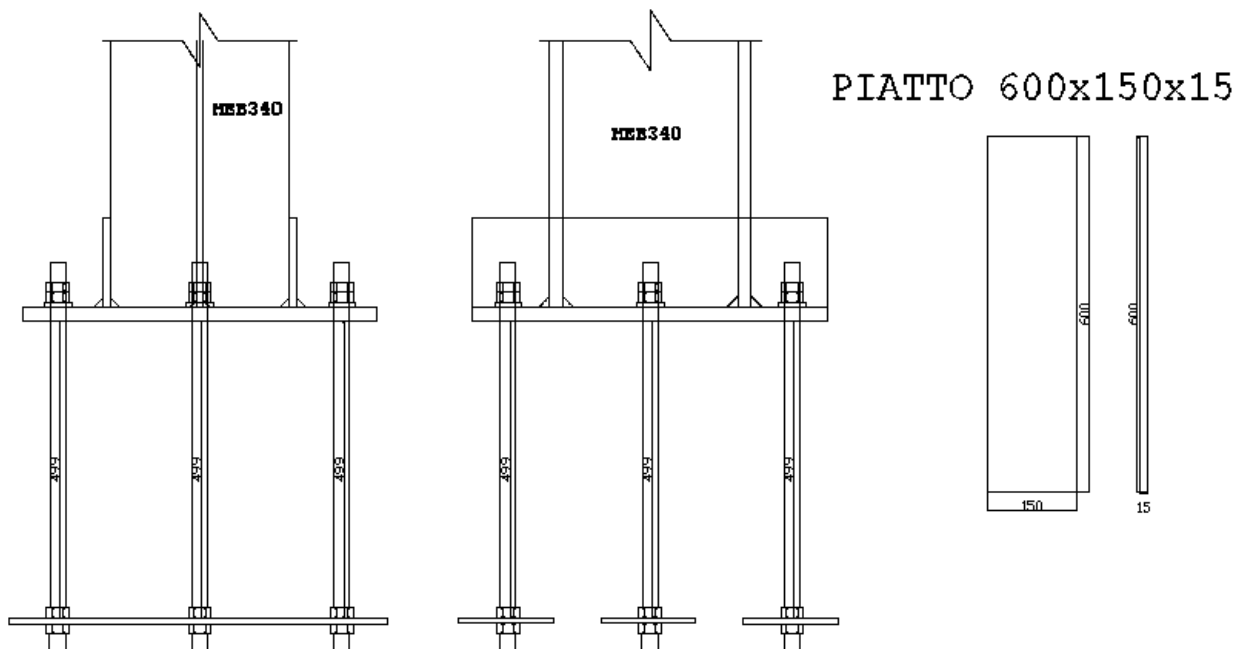
bi-lineare semplificata di progetto caratteristiche momento-rotazione

I giunti del piatto di base sono classificati come rigidi, a cerniera o semi-rigidi secondo la sua rigidezza attraverso il confronto delle loro rigidezze rotazionali  $S_{j,ini}$  e  $i$  contorni dati dell'EC3 parte 1.8 i quali sono:



Contorni per classificazione della rigidezza dei giunti trave-colonna

### 3.1 PILASTRO HEB340



### Dati del giunto inseriti

Regola:..... D.M.2008 - COSTRUZIONI  
 CEN/TS? 1992-4-1 2009 (Design of fastenings for use in concrete, part 4- 1 General)  
 CEN/TS? 1992-4-2 2009 (Design of fastenings for use in concrete, part 4- 2 Headed Bolts)  
 Gm0:..... 1.05  
 Gm1:..... 1.05  
 Gm2:..... 1.25

### Dati della colonna

Tipo..... HEB340  
 Materiale..... S355  
 Altezza..... 340 mm  
 Larghezza..... 300 mm  
 Spessore anima..... 12 mm  
 Spessore ala..... 21.5 mm

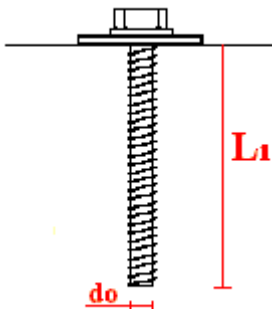
### Dettagli giunto

Tipo giunto..... Giunto di fondazione - 3 file/3 colonne-rinforzo  
 Materiale..... S355  
 Lunghezza piatto di base..... 600 mm  
 Larghezza piatto di base..... 600 mm  
 Spessore piatto di base..... 25 mm  
 Spessore saldatura Af..... 13 mm  
 Spessore saldatura Aw..... 8 mm  
 Usa bassa resistenza di saldatura..... NO  
 Gola delle saldature più grandi per nervatura principale sulle ali dell.... 5 mm

### Nervatura di flessione principale

Lunghezza piatto di rinforzo..... 600 mm  
 Larghezza piatto di rinforzo (Altezza)..... 150 mm  
 Spessore piatto di rinforzo..... 15 mm

### Tirafondi



Tipo tirafondo..... Tirafondi lineari  
 L1 (Nodi : -99 LC : -99)..... 499.392 mm  
 d0..... 24 mm  
 Materiale tirafondi..... S355 Su = 510 Sy = 355 MPa  
 Il piano di taglio attraversa la parte filettata del bullone..... NO  
 Verifica tramite resistenza T-Stub..... NO  
 Gli ancoraggi sono conformi a EN1090..... SI

### Dati di fondazione

Gli ancoraggi sono conformi a EN1090..... SI  
 Materiale di fondazione..... C25/30  
 Il calcestruzzo è considerato fessurato..... NO  
 Distanza Ar..... 100 mm

Distanza Br.....	250 mm
Altezza di fondazione H.....	3000 mm
Lato di fondazione A.....	1200 mm
Lato di fondazione B.....	1200 mm
Spessore della malta.....	30 mm
Materiale della malta.....	C20/25

## Risultati della resistenza

### Momenti e Forze applicate

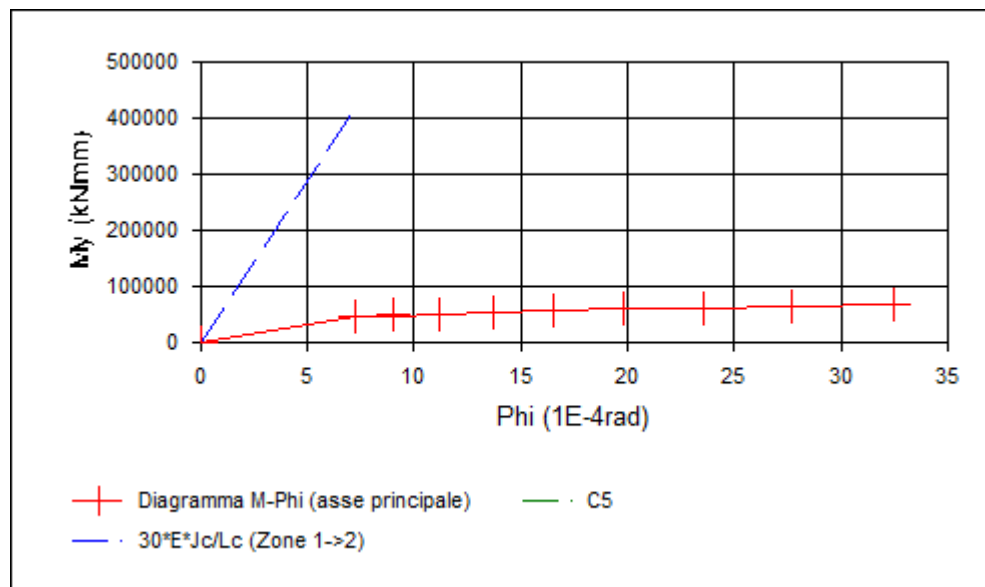
Momento My.....	47.00 KNm
Momento Mz.....	11.00 KNm
Taglio Vz.....	8.40 kN
Taglio Vy.....	8.40 kN
Sforzo assiale.....	322.00 kN

## Risultati della rigidezza

### I risultati della rigidezza per la flessione principale

Il giunto è simmetrico per cui il programma considera arbitrariamente la parte sinistra come tesa e quella destra come compressa.

Resistenza a flessione con data eccentricita.....	67.75 KNm
Braccio sinistro.....	166.30 mm
Braccio destro.....	262.07 mm
Calcestruzzo a compressione - coefficiente k13	
.....	16.61
Rigidezza rotazionale iniziale S,j,in.....	6.24E+07
Snellezza della colonna incernierata.....	0.36
Rigidezza equivalente della parte sinistra.....	4.47
Rigidezza equivalente della parte destra.....	16.61
Zona.....	2
Classificazione in base alla rigidezza.....	Connessione semi-rigida

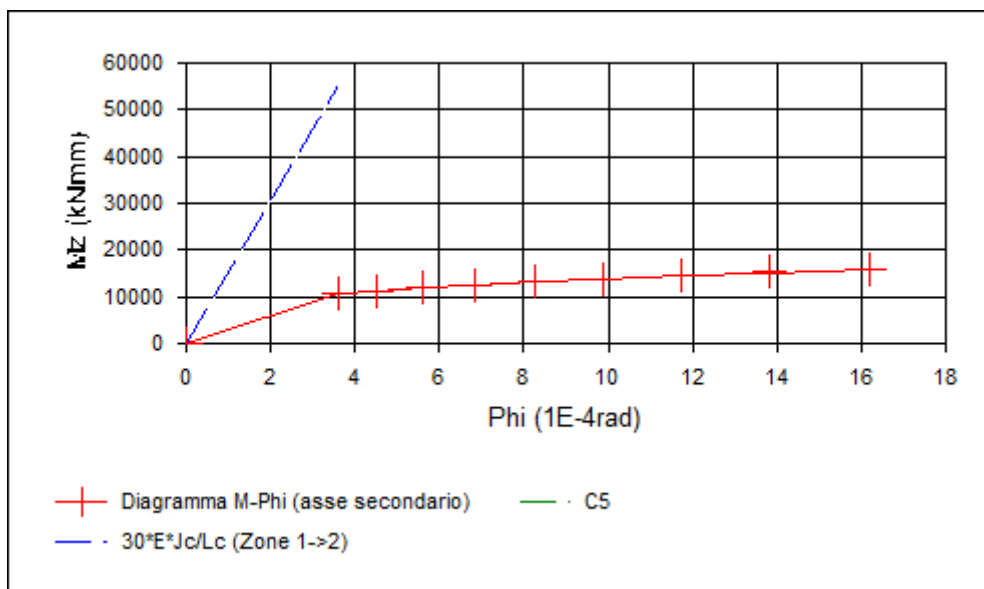


### I risultati della rigidezza per la flessione secondaria

Il giunto è simmetrico per cui il programma considera arbitrariamente la parte sinistra come tesa e quella destra come compressa.

Resistenza a flessione con data eccentricita.....	15.86 KNm
Braccio sinistro.....	144.00 mm
Braccio destro.....	144.00 mm
Calcestruzzo a compressione - coefficiente k13	
.....	0.00
Rigidezza rotazionale iniziale S,j,in.....	2.93E+07

Snellezza della colonna incernierata.....	0.70
Rigidezza equivalente della parte sinistra.....	3.36
Rigidezza equivalente della parte destra.....	3.36
Zona.....	2
Classificazione in base alla rigidezza.....	Connessione semi-rigida



#### Resistenza tirafondi

Resistenza tirafondi a trazione.....	101.66 kN
Resistenza tirafondi a taglio.....	44.32 kN
Taglio applicato.....	1.48 kN
(Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (1.48 / 44.32) = 0.03 < 1.....	<b>O.K.</b>

#### Ancoraggio

Lunghezza minima tirafondi.....	499.39 mm
Resistenza dello spigolo di calcestruzzo per ogni ancoraggio.....	29.41 kN
Resistenza richiesta per lo spigolo in calcestruzzo per ogni ancoraggio. 2.80 kN	
(Resistenza richiesta / Resistenza dello spigolo di calcestruzzo) = (2.80...)	<b>O.K.</b>

#### Resistenza piatto di base

Piatto di base portante - direzione yy.....	3766.15 kN
Taglio applicato - direzione yy.....	8.40 kN
(Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (8.40 / 3766.15) = 0.00 < 1.....	<b>O.K.</b>
Piatto di base portante - direzione zz.....	3766.15 kN
Taglio applicato - direzione zz.....	8.40 kN
(Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (8.40 / 3766.15) = 0.00 < 1.....	<b>O.K.</b>
Resistenza portante del calcestruzzo Fj.....	0.01 kN/mm <sup>2</sup>

#### Resistenza delle saldature

##### I seguenti risultati sono applicati per le saldature ad alta resistenza.

Resistenza delle saldature.....	0.45 kN/mm <sup>2</sup>
Welds resistance for normal stress.....	0.37 kN/mm <sup>2</sup>
Sollecitazioni risultanti applicate delle saldature per i carichi di....	0.05 kN/mm <sup>2</sup>
Controllo delle saldature per i carichi di progetto (criterio di von....	0.11 <b>O.K.</b>
Welds applied normal stress for design loads.....	0.02 kN/mm <sup>2</sup>
Welds check for design loads (Normal stress).....	0.06 <b>O.K.</b>
Sollecitazioni localizzate delle saldature causate dagli ancoraggi i....	0.08 kN/mm <sup>2</sup>
Controllo delle saldature per le sollecitazioni localizzate (azioni ....	0.18 <b>O.K.</b>

Welds localized normal stress due to anchors in tension.....	0.04	kN/mm <sup>2</sup>
Welds check for localized normal stress (T-stub actions).....	0.11	<b>O.K.</b>
Sollecitazione della nervatura principale nella saldatura del piatto....	0.06	kN/mm <sup>2</sup>
Controllo della nervatura principale nella saldatura del piatto di base.	0.24	<b>O.K.</b>
Gola richiesta per la nervatura della saldatura della colonna.....	5.00	mm
Forza applicata dalla nervatura alla saldatura della colonna.....	167.95	mm

#### Resistenza della colonna a flessione e taglio

Resistenza a taglio in direzione yy.....	2518.07	kN
Taglio applicato - direzione yy.....	8.40	kN
(Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (8.40 / 2518.07) = 0.00 < 1.....		<b>O.K.</b>
Resistenza a taglio in direzione zz.....	1096.83	kN
Taglio applicato - direzione zz.....	8.40	kN
(Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (8.40 / 1096.83) = 0.01 < 1.....		<b>O.K.</b>
Resistenza a flessione per il momento principale.....	814.13	KNm
Momento principale applicato.....	47.00	KNm
Resistenza a flessione per il momento secondario.....	330.72	KNm
Momento secondario applicato.....	11.00	KNm
Rapporto di interazione tra forza assiale e flessione biassiale.....	0.04	<b>O.K.</b>

#### Resistenza della nervatura

Resistenza a taglio della nervatura principale.....	439.20	kN
Taglio applicato alla nervatura principale.....	152.50	kN
Nervatura principale a taglio.....	0.35	<b>O.K.</b>
Resistenza a flessione della nervatura principale.....	39.15	KNm
Momento applicato alla nervatura principale.....	10.67	KNm
Nervatura principale a flessione.....	0.27	<b>O.K.</b>

#### Resistenza del giunto

Resistenza a flessione nell'asse yy.....	199.25	KNm
Braccio di leva plastico - yy axis.....	391.97	mm
Resistenza a flessione nell'asse zz.....	177.58	KNm
Braccio di leva plastico - zz axis.....	349.35	mm
Resistenza a trazione.....	813.31	kN
Resistenza a compressione.....	3841.63	KNm

#### Asse plastico in mezzeria - direzione yy

Resistenza a flessione.....	345.37	KNm
Resistenza assiale a compressione.....	1412.50	kN

#### Asse plastico in mezzeria - direzione zz



Resistenza a flessione.....	309.64	KNm
Resistenza assiale a compressione.....	1412.50	kN

#### Resistenza finale del giunto

Coefficiente di utilizzazione per la flessione principale.....	0.24	<b>O.K.</b>
Coefficiente di utilizzazione per la flessione secondaria.....	0.06	<b>O.K.</b>
Coefficiente di utilizzazione per la forza assiale.....	0.40	<b>O.K.</b>
Rapporto del giunto.....	0.69	<b>O.K.</b>

#### Riassunto

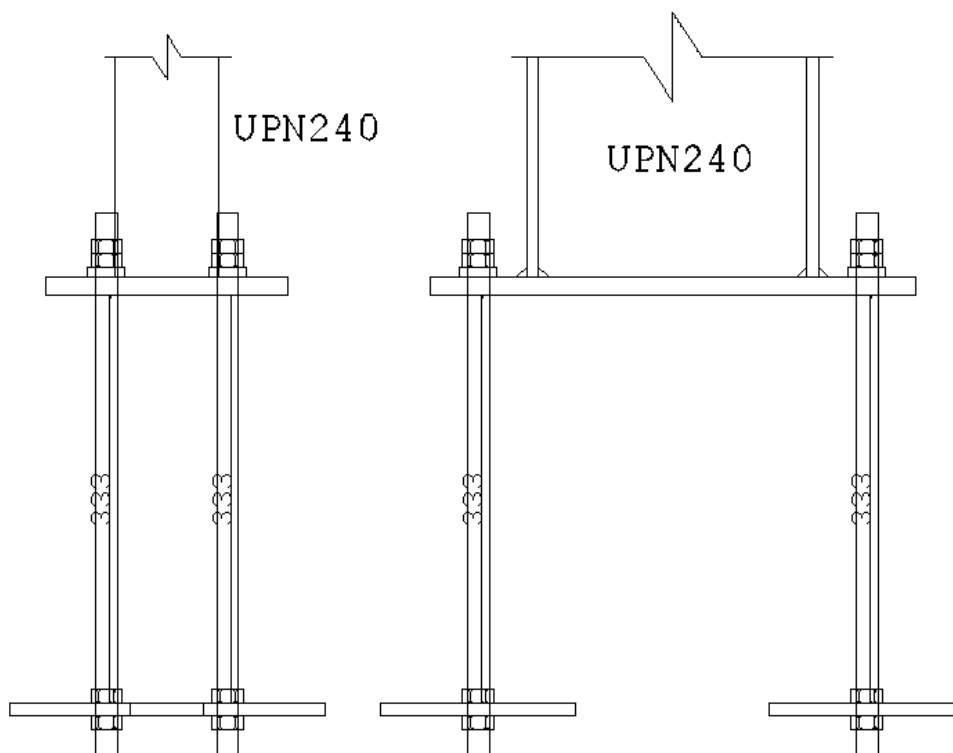
Nodi	Carichi	Massimo	WdVMHS	WTStub	WdVMLS	WMSBP1	WMSBP1	ConCon	Split	CEdge	BPBrY	BPBrZ
-99	-99	0.69	0.11	0.18	--	0.24	--	--	--	0.10	0.00	0.00
AncShr	SNBiax	SNShrY	SNShrZ	ConBeaY	ConBeaZ	MaSBen	MaSShr	MiSBen	MiSShr	ClBiax	ClShrY	ClShrZ
0.03	--	--	--	--	--	0.27	0.35	--	--	0.04	0.00	0.01
ConnRt												
0.69												

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	<i>Rev.0</i>	
	<b>Tabulati di collegamento scala forno caldaia</b>	<b>PAG. 22/58</b>	

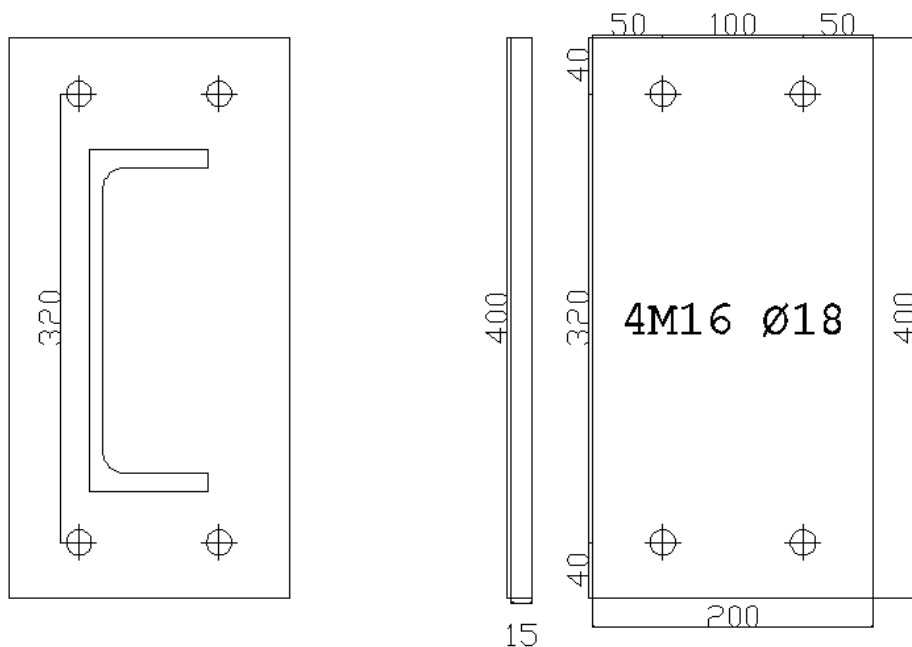
## Legenda

Massimo	-> Tasso massimo
WdVMHS	-> Controllo saldature per i carichi di verifica - criterio di Von Mises (Saldatura ad Alta Resistenza)
WTStub	-> Saldature al di sotto della sollecitazione localizzata - azione T-stub (Saldatura ad Alta Resistenza)
WdVMLS	-> Controllo saldature per i carichi di verifica - criterio di Von Mises (Saldatura a Bassa Resistenza)
WMSBP1	-> Saldature tra la nervatura principale ed il piatto di base
WMSBP1	-> Saldature tra la nervatura secondaria ed il piatto di base
ConCon	-> Rottura del Cono di Calcestruzzo
Split	-> Rottura per strappamento
CEdge	-> Rottura dello spigolo di calcestruzzo
BPBrY	-> Piatto di base portante - direzione yy
BPBrZ	-> Piatto di base portante - direzione zz
AncShr	-> Ancoraggio a taglio
SNBiax	-> Cordolo a flessione biassiale
SNShrY	-> Cordolo a taglio - direzione yy
SNShrZ	-> Cordolo a taglio - direzione zz
ConBeaY	-> Calcestruzzo portante - direzione yy
ConBeaZ	-> Calcestruzzo portante - direzione zz
MaSBen	-> Nervatura principale a flessione
MaSShr	-> Nervatura principale a taglio
MiSBen	-> Nervatura secondaria a flessione
MiSShr	-> Nervatura secondaria a taglio
ClBiax	-> Colonna con forza assiale e flessione biassiale
ClShrY	-> Colonna a taglio - direzione yy
ClShrZ	-> Colonna a taglio - direzione zz
ConnRt	-> Giunto con forza assiale e flessione biassiale

### 3.2 COSCIALE UPN240



### PIATTO 400x200x15



## Dati del giunto inseriti

### Basi di progetto

Regola:..... D.M.2008 - COSTRUZIONI  
CEN/TS? 1992-4-1 2009 (Design of fastenings for use in concrete, part 4- 1 General)  
CEN/TS? 1992-4-2 2009 (Design of fastenings for use in concrete, part 4- 2 Headed Bolts)  
Gm0:..... 1.05  
Gm1:..... 1.05  
Gm2:..... 1.25

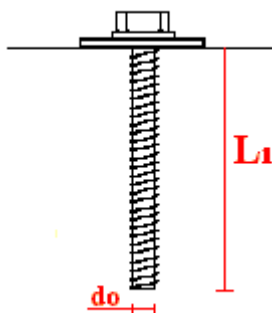
### Dati della colonna

Tipo..... IPE240  
Materiale..... S355  
Altezza..... 240 mm  
Larghezza..... 120 mm  
Spessore anima..... 6.2 mm  
Spessore ala..... 9.8 mm

### Dettagli giunto

Tipo giunto..... Giunto di fondazione - 2 file/2 colonne  
Materiale..... S355  
Lunghezza piatto di base..... 400 mm  
Larghezza piatto di base..... 200 mm  
Spessore piatto di base..... 15 mm  
Spessore saldatura Af..... 6 mm  
Spessore saldatura Aw..... 4 mm  
Usa bassa resistenza di saldatura..... NO

### Tirafondi



Tipo tirafondo..... Tirafondi lineari  
L1 (Nodi : -99 LC : -99)..... 333 mm  
d0..... 16 mm  
Materiale tirafondi..... S355 Su = 510 Sy = 355 MPa  
Il piano di taglio attraversa la parte filettata del bullone..... NO  
Verifica tramite resistenza T-Stub..... NO  
Gli ancoraggi sono conformi a EN1090..... SI

### Dati di fondazione

Gli ancoraggi sono conformi a EN1090..... SI  
Materiale di fondazione..... C25/30  
Il calcestruzzo è considerato fessurato..... NO  
Distanza Ar..... 400 mm

Distanza Br.....	40 mm
Altezza di fondazione H.....	300 mm
Lato di fondazione A.....	1200 mm
Lato di fondazione B.....	1200 mm
Spessore della malta.....	30 mm
Materiale della malta.....	C20/25

## Risultati della resistenza

### Momenti e Forze applicate

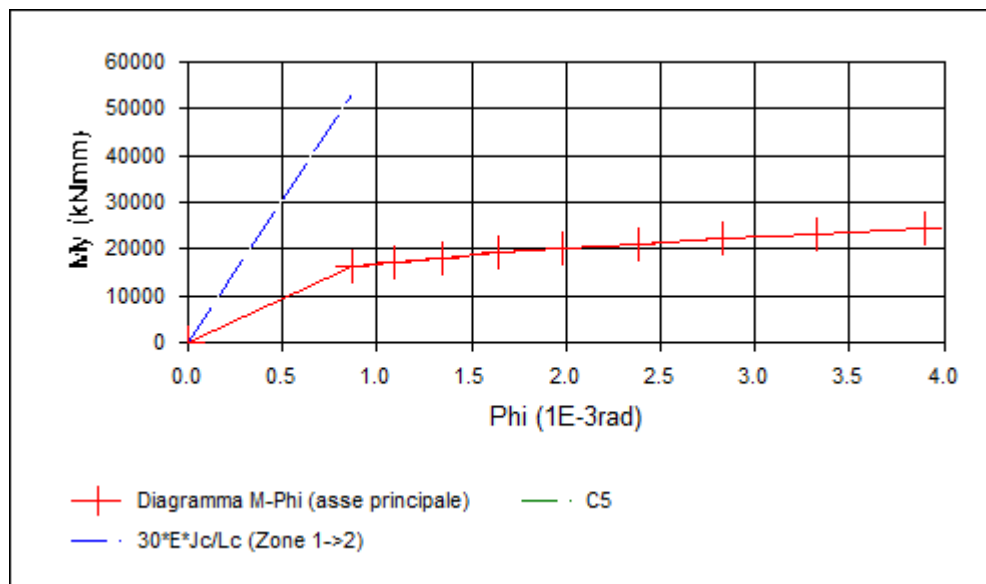
Momento My.....	0.28 kNm
Momento Mz.....	0.00 kNm
Taglio Vz.....	1.20 kN
Taglio Vy.....	0.00 kN
Sforzo assiale.....	0.27 kN

## Risultati della rigidezza

### I risultati della rigidezza per la flessione principale

Il giunto è simmetrico per cui il programma considera arbitrariamente la parte sinistra come tesa e quella destra come compressa.

Resistenza a flessione con data eccentricita.....	24.23 kNm
Braccio sinistro.....	160.00 mm
Braccio destro.....	154.04 mm
Calcestruzzo a compressione - coefficiente k13 .....	9.57
Rigidezza rotazionale iniziale S,j,in.....	1.86E+07
Snellezza della colonna incernierata.....	0.53
Rigidezza equivalente della parte sinistra.....	1.12
Rigidezza equivalente della parte destra.....	9.57
Zona.....	2
Classificazione in base alla rigidezza.....	Connessione semi-rigida



## Resistenza tirafondi

Resistenza tirafondi a trazione.....	45.18 kN
Resistenza tirafondi a taglio.....	19.70 kN
Taglio applicato.....	0.30 kN
(Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (0.30 / 19.70) = 0.02 < 1.....	<b>O.K.</b>

## Ancoraggio

Lunghezza minima tirafondi.....	333.00 mm
---------------------------------	-----------

Resistenza dello spigolo di calcestruzzo per ogni ancoraggio..... 23.39 kN  
 Resistenza richiesta per lo spigolo in calcestruzzo per ogni ancoraggio. 0.60 kN  
 (Resistenza richiesta / Resistenza dello spigolo di calcestruzzo) = (0.60... **O.K.**

#### Resistenza piatto di base

Piatto di base portante - direzione yy..... 906.67 kN  
 Taglio applicato - direzione yy..... 0.00 kN  
 (Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (0.00 / 906.67) = 0.00 < 1..... **O.K.**  
 Piatto di base portante - direzione zz..... 725.33 kN  
 Taglio applicato - direzione zz..... 1.20 kN  
 (Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (1.20 / 725.33) = 0.00 < 1..... **O.K.**  
 Resistenza portante del calcestruzzo Fj..... 0.01 kN/mm<sup>2</sup>

#### Resistenza delle saldature

##### I seguenti risultati sono applicati per le saldature ad alta resistenza.

Resistenza delle saldature..... 0.26 kN/mm<sup>2</sup>  
 Sollecitazioni risultanti applicate delle saldature per i carichi di.... 0.00 kN/mm<sup>2</sup>  
 Controllo delle saldature per i carichi di progetto (criterio di von.... 0.00 **O.K.**  
 Sollecitazioni localizzate delle saldature causate dagli ancoraggi i.... 0.06 kN/mm<sup>2</sup>  
 Controllo delle saldature per le sollecitazioni localizzate (azioni .... 0.24 **O.K.**  
 Welds localized normal stress due to anchors in tension..... 0.00 kN/mm<sup>2</sup>  
 Welds check for localized normal stress (T-stub actions)..... 0.00 **O.K.**

#### Resistenza della colonna a flessione e taglio

Resistenza a taglio in direzione yy..... 459.11 kN  
 Taglio applicato - direzione yy..... 0.00 kN  
 (Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (0.00 / 459.11) = 0.00 < 1..... **O.K.**  
 Resistenza a taglio in direzione zz..... 373.37 kN  
 Taglio applicato - direzione zz..... 1.20 kN  
 (Taglio applicato / Resistenza a taglio) = (1.20 / 373.37) = 0.00 < 1..... **O.K.**  
 Resistenza a flessione per il momento principale..... 124.08 KNm  
 Momento principale applicato..... 0.28 KNm  
 Resistenza a flessione per il momento secondario..... 24.57 KNm  
 Momento secondario applicato..... 0.00 KNm  
 Rapporto di interazione tra forza assiale e flessione biassiale..... 0.00 **O.K.**

#### Resistenza del giunto

Resistenza a flessione nell'asse yy..... 27.82 KNm  
 Braccio di leva plastico - yy axis..... 307.88 mm  
 Resistenza a flessione nell'asse zz..... 11.65 KNm  
 Braccio di leva plastico - zz axis..... 128.97 mm  
 Resistenza a trazione..... 180.74 kN  
 Resistenza a compressione..... 507.02 KNm

##### Asse plastico in mezzeria - direzione yy

Resistenza a flessione..... 40.97 KNm  
 Resistenza assiale a compressione..... 185.33 kN

##### Asse plastico in mezzeria - direzione zz



Resistenza a flessione..... 16.36 KNm  
 Resistenza assiale a compressione..... 185.33 kN

#### Resistenza finale del giunto

Coefficiente di utilizzazione per la flessione principale..... 0.01 **O.K.**  
 Coefficiente di utilizzazione per la flessione secondaria..... 0.00 **O.K.**  
 Coefficiente di utilizzazione per la forza assiale..... 0.00 **O.K.**  
 Rapporto del giunto..... 0.01 **O.K.**

#### Riassunto

Nodi	Carichi	Massimo	WdVMHS	WTStub	WdVMLS	WMSBP1	WMSBP1	ConCon	Split	CEdge	BPBrY	BPBrZ
-99	-99	0.24	0.00	0.24	--	--	--	--	--	0.03	0.00	0.00

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>								Rev.0		
	<b>Tabulati di collegamento scala forno caldaia</b>								PAG. 27/58		

AncShr    SNBiax    SNShrY    SNShrZ    ConBeaY    ConBeaZ    MaSBen    MaSShr    MiSBen    MiSShr    ClBiax    ClShrY    ClShrZ  
 0.02       --       --       --       --       --       --       --       --       --       0.00       0.00       0.00

ConnRt  
 0.01

### Legenda

Massimo            -> Tasso massimo  
 WdVMHS            -> Controllo saldature per i carichi di verifica - criterio di Von Mises (Saldatura ad Alta Resistenza)  
 WTStub            -> Saldature al di sotto della sollecitazione localizzata - azione T-stub (Saldatura ad Alta Resistenza)  
 WdVMLS            -> Controllo saldature per i carichi di verifica - criterio di Von Mises (Saldatura a Bassa Resistenza)  
 WMSBPl            -> Saldature tra la nervatura principale ed il piatto di base  
 WMSBP1            -> Saldature tra la nervatura secondaria ed il piatto di base  
 ConCon            -> Rottura del Cono di Calcestruzzo  
 Split              -> Rottura per strappamento  
 CEdge             -> Rottura dello spigolo di calcestruzzo  
 BPBrY             -> Piatto di base portante - direzione yy  
 BPBrZ             -> Piatto di base portante - direzione zz  
 AncShr            -> Ancoraggio a taglio  
 SNBiax            -> Cordolo a flessione biassiale  
 SNShrY            -> Cordolo a taglio - direzione yy  
 SNShrZ            -> Cordolo a taglio - direzione zz  
 ConBeaY           -> Calcestruzzo portante - direzione yy  
 ConBeaZ           -> Calcestruzzo portante - direzione zz  
 MaSBen           -> Nervatura principale a flessione  
 MaSShr           -> Nervatura principale a taglio  
 MiSBen           -> Nervatura secondaria a flessione  
 MiSShr           -> Nervatura secondaria a taglio  
 ClBiax            -> Colonna con forza assiale e flessione biassiale  
 ClShrY            -> Colonna a taglio - direzione yy  
 ClShrZ            -> Colonna a taglio - direzione zz  
 ConnRt            -> Giunto con forza assiale e flessione biassiale

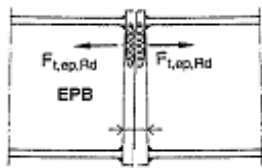
## 4. CONNESSIONI TRAVE – TRAVE

### 4.1 GENERALE

Questo è basato sul "metodo delle componenti". Questo metodo calcola le forze finali dei giunti dalla resistenza del suo "metodo delle componenti".

I "componenti base" sono:

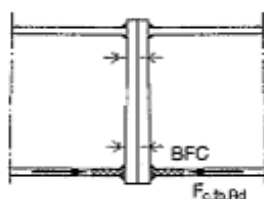
#### a) Flangia a flessione



La resistenza e il modo di rottura della flangia a flessione assieme con i bulloni associati a trazione è considerato simile a quelli degli equivalenti Elemento-T per entrambi:

- 1 Ogni fila di bulloni individuale necessaria a resistere a trazione
- 2 Ogni gruppo di file di bulloni necessaria a resistere a trazione

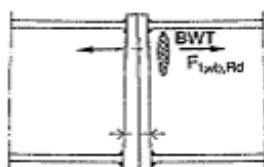
#### b) Ala e anima della trave a compressione



La resistenza dell'ala della trave e la zona compressa adiacente dell'anima della trave è ottenuta dalla formula:

$$F_{c,fb,Rd} = M_{b,Rd} / (h - t_{fb}) \quad (J 3.5.7)$$

#### c) Anima della trave a trazione



Nel caso di giunti bullonati la resistenza delle'anima della trave a trazione è ottenuta dalla formula:

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} * t_{wb} * f_{y,wb} / \gamma_{mo} \quad (J 3.5.8)$$

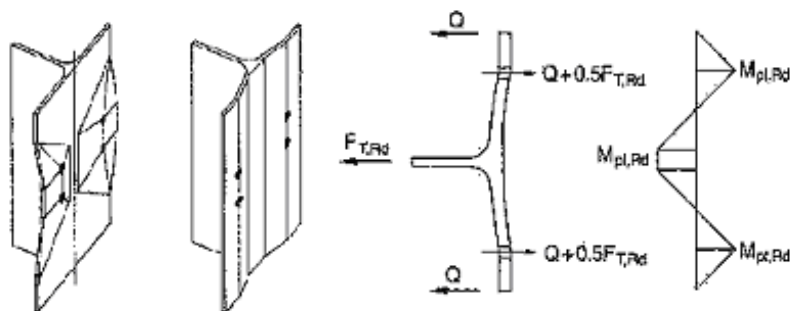
Dove la larghezza effettiva  $b_{eff,t,wb}$  dell'anima è presa come uguale all'effettiva lunghezza dell'equivalente Elemento-T rappresentando la flangia a flessione.

#### Equivalente Elemento-T

Come detto prima la modellazione di un equivalente Elemento-T è utilizzato per calcolare la resistenza di alcuni dei giunti "metodo delle componenti". I componenti del giunto sono modellati come Elemento-T ed esaminati individualmente o come dei gruppi di bulloni.

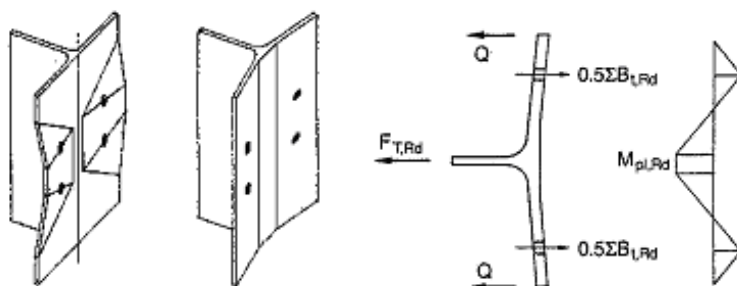
Tre possibili modi rottura sono presi in considerazione i quali sono i seguenti:

#### a) Completo cedimento dell'ala



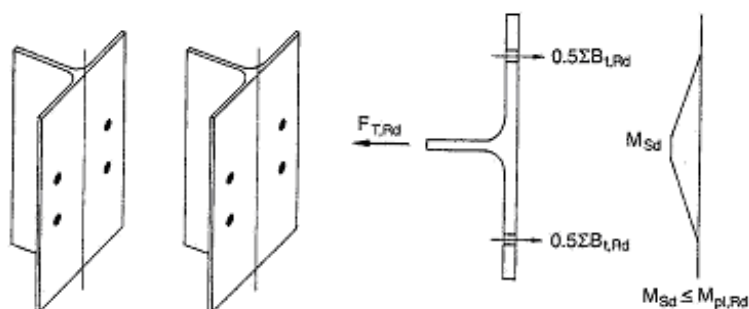
$$F_{T,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl1,Rd}}{m}$$

b) Rottura dei bulloni con cedimento dell'ala



$$F_{T,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl2,Rd} + n \cdot \Sigma B_{t,Rd}}{m+n}$$

c) Rottura dei bulloni



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

Saldature

In aggiunta alla verifica del "metodo delle componenti" la verifica della resistenza delle saldature tra la trave e la flangia è stata eseguita di conseguenza, utilizzando le seguenti formule (EC3 Annex M):



$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{Mw})$$

$$\sigma_{\perp} \leq f_u / \gamma_{Mw}$$

dove:

$$\sigma = N_{sd} / A_w + M_{y,sd} / w_y + M_{z,sd} / w_z$$

$$\tau_{\perp} = V_{z,sd} / A_w$$

	<b>REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO</b>	Rev.0	
	<i>Tabulati di collegamento scala forno caldaia</i>	PAG. 30/58	

$$\tau_{//} = V_{y,sd} / A_w$$

### Resistenza a momento

La resistenza finale del momento del giunto è ottenuta dalla formula:

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r \cdot F_{tr,Rd}$$

dove :

$F_{tr,Rd}$  la resistenza a trazione effettiva della file dei bulloni r

$h_r$  è la distanza della file del bullone r dal centro della compressione

### Resistenza a taglio

Riguarda la resistenza del giunto a taglio e vengono eseguite le seguenti verifiche:

- resistenza dei bulloni a taglio
- resistenza dei piatti a rifollamento
- resistenza ad attrito (bulloni precaricati)

La resistenza del bullone a taglio è stata calcolata usando le formule dell'EC3:

$$f_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{nb} f_s}{\gamma_{mb}}, \text{ 4.6 / 5.6 / 8.8 per classe bullone}$$

$$f_{v,Rd} = \frac{0,5 f_{nb} f_s}{\gamma_{mb}}, \text{ 4.8 / 5.8 / 10.9 per classe bullone}$$

$$f_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{nb} f}{\gamma_{mb}}, \text{ per tutte le classi dei bulloni quando il piano di taglio passa attraverso una parte non filettata del bullone}$$

La resistenza della flangia a rifollamento è stata calcolata utilizzando la seguente formula:

$$f_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_{nb} \cdot t}{\gamma_{mb}}$$

The contribution of one bolt to the strength of the connection in slipping is being calculated by using the following EC3 formula:

$$f_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot f_{p,Cd}}{\gamma_{ms}}$$

La resistenza a taglio dei bulloni che sono contemporaneamente sollecitati a trazione e taglio è stata ridotta come segue:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0, \text{ per bulloni non precaricati}$$

$$f_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,Cd} - 0,8 \cdot F_{t,Sd,ser})}{\gamma_{M,ser}}, \text{ per bulloni precaricati (categoria B)}$$

$$f_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,Cd} - 0,8 \cdot F_{t,Sd})}{\gamma_{M,ult}}, \text{ per bulloni precaricati (categoria C)}$$

La resistenza a taglio per ogni fila dei bulloni è il minimo risultato della verifica sopra e la resistenza finale del giunto a taglio viene trovata aggiungendo la resistenza di tutte le file del bullone del giunto.

### Rigidezza rotazionale

La procedura della soluzione è descritta nell'Annex J dell'EC3 nel paragrafo J.4. La rigidezza rotazionale del giunto determinata dalla flessibilità del "metodo delle componenti" attraverso il coefficiente elastico di rigidezza  $k_i$  come mostrato nella seguente formula dell'EC3:

$$S_j = \frac{E \cdot z^2}{\mu \cdot \sum_i \frac{1}{k_i}} \quad (\text{J.34})$$

dove:

$k_j$  è il coefficiente di rigidezza del "metodo delle componenti"  $i$

$z$  il braccio di leva

$\mu$  è la frazione della rigidezza  $S_{j,ini}/S_j$

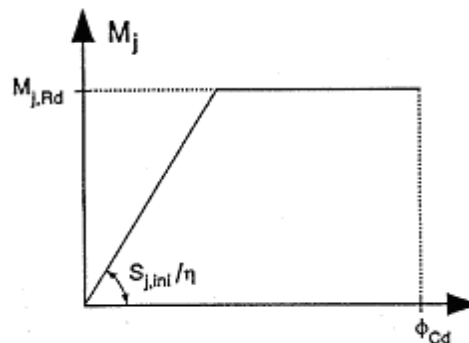
$S_{j,ini}$  è la rigidezza rotazionale iniziale data dalla stessa espressione (J.34) con  $\mu=1.0$

Quando l'analisi elastica globale è utilizzata i giunti dovrebbero essere classificati secondo le loro rigidezze.

Nel caso di un giunto semi-rigido la sua rigidezza rotazionale dovrebbe essere presa uguale al valore di  $S_j$ .

Come una semplificazione la rigidezza rotazionale può essere presa uguale a:

- $S_{j,ini}$  quando  $M_{J,Sd}$  non supera  $2/3 M_{J,Rd}$
- $S_{j,ini}/n$  quando  $M_{J,Sd}$  supera  $2/3 M_{J,Rd}$



bi-lineare semplificata di progetto caratteristiche momento-rotazione

Il programma dei giunti in acciaio calcola entrambi i valori di  $S_j$  e  $S_{j,ini}$ .

I giunti trave-colonna sono classificati come rigidi, a cerniera o semi-rigidi secondo le sue rigidezze attraverso il confronto delle loro rigidezze rotazionali  $S_{j,ini}$  e i contorni dati dall'Annex J dell'EC3 i quali sono:

#### Telaio rinforzato

Zona 1: rigida, se  $S_{j,ini} \geq 8EI/L_b$

Zona 2: semi-rigida

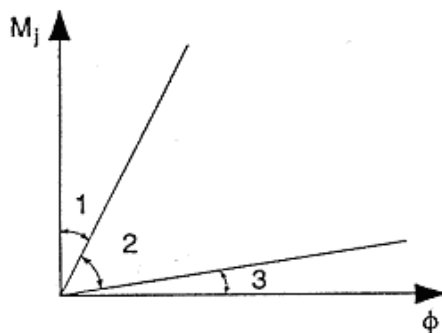
Zona 3: cerniera, se  $S_{j,ini} \leq 0.5EI/L_b$

#### Telaio non rinforzato

Zona 1: rigida, se  $S_{j,ini} \geq 25EI/L_b$

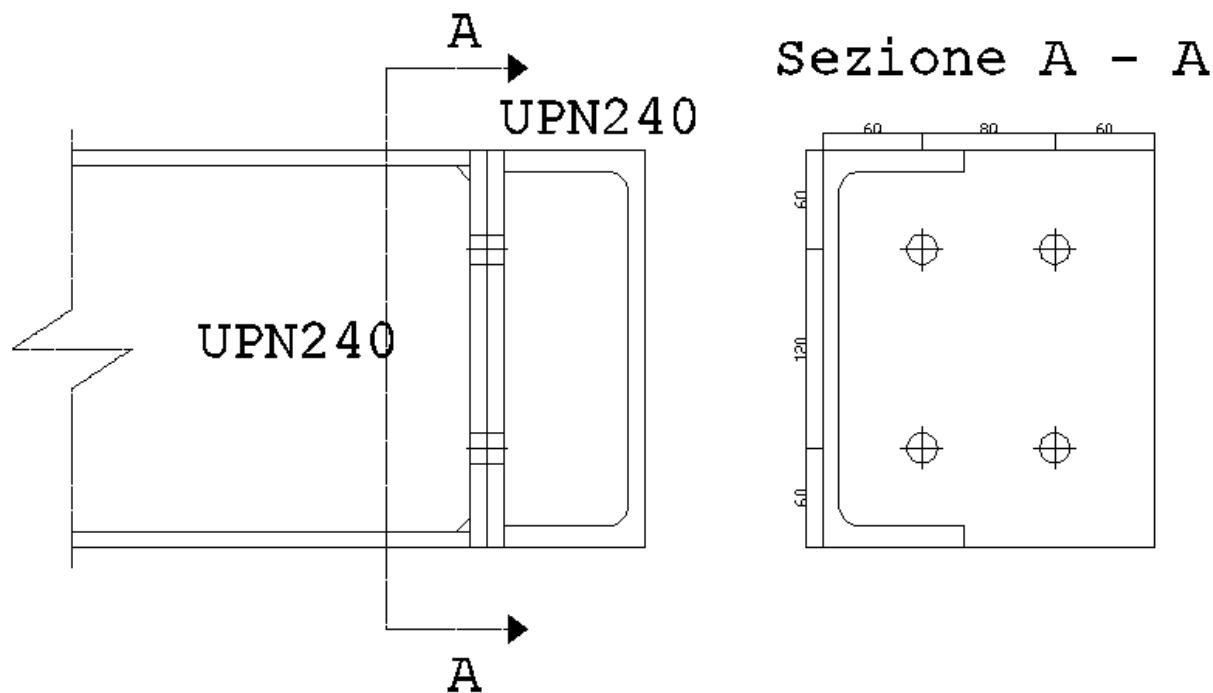
Zona 2: semi-rigida

Zona 3: cerniera, se  $S_{j,ini} \leq 0.5EI/L_b$

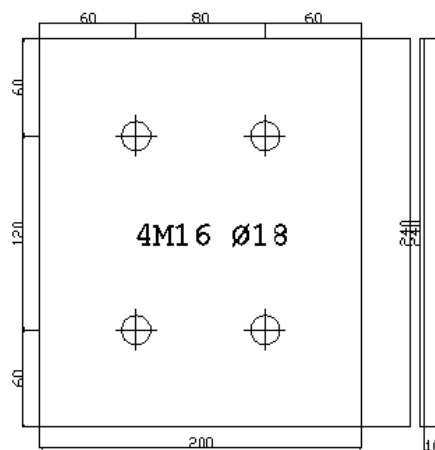
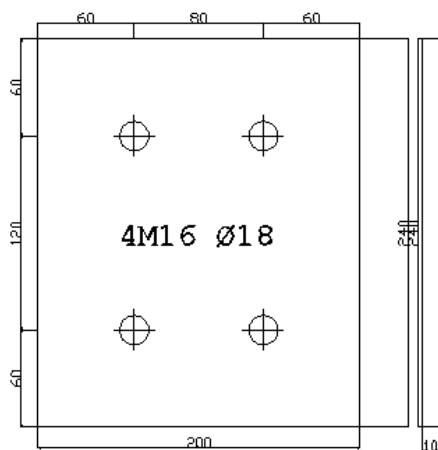


Contorni per classificazioni di rigidezza

4.2 UPN240 – UPN 240



Piatto 240x200x10 Piatto 240x200x10



### Dati del giunto inseriti

#### Basi di progetto

Regola:..... D.M.2008 - COSTRUZIONI  
 Gm0:..... 1.05  
 Gm1:..... 1.05  
 Gm2:..... 1.25

#### Dati della trave

Tipo..... UPN240  
 Materiale..... S355  
 Altezza..... 240 mm  
 Larghezza..... 85 mm  
 Spessore anima..... 9.5 mm  
 Spessore ala..... 13.0 mm

#### Dettagli giunto

Tipo giunto..... GIUNTO IN COSTRUZIONE  
 Numero di travi..... 2  
 Materiale..... S355  
 Altezza flangia..... 240 mm  
 Larghezza flangia..... 200 mm  
 Spessore flangia..... 10 mm  
 Spessore saldatura Af..... 6 mm  
 Spessore saldatura Aw..... 4 mm

#### Bulloni

Tipo bulloni..... M16  
 Classe bulloni..... 8.8 Su = 800 Sy = 640 MPa  
 Numero file bulloni..... 2  
 Numero colonne bulloni..... 2  
 Distanza W..... 80 mm  
 Distanza bordo..... 60 mm  
 Distanza H(1)..... 120 mm  
 Distanza bordo superiore..... 60 mm  
 Distanza bordo inferiore..... 60 mm

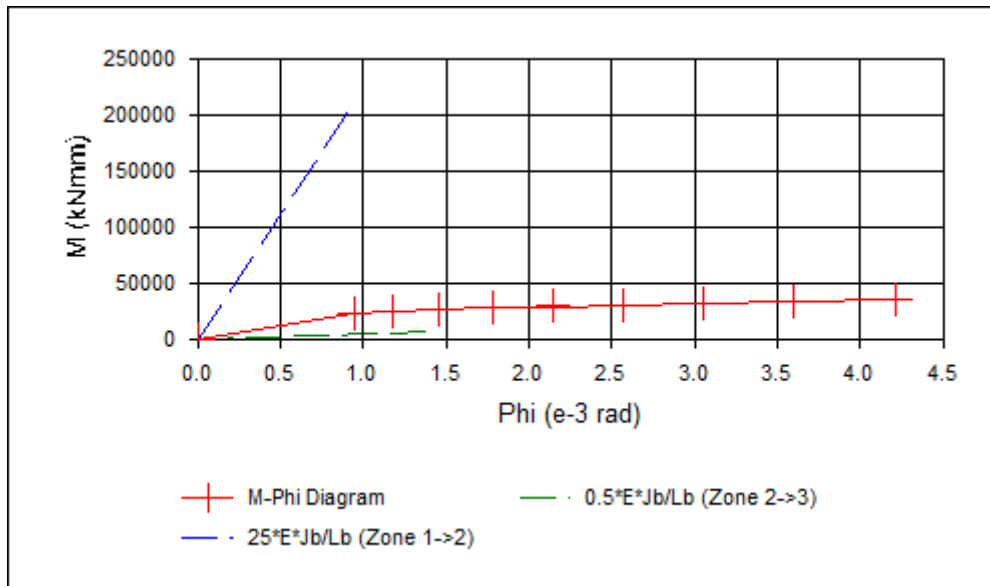
### Risultati della resistenza

#### Momenti e Forze applicate

Momento sinistro (KNm) = 0.00  
 Taglio sinistro = 15.00  
 Sforzo assiale sinistro = 29.00

Momento destro (KNm) = 0.00  
 Taglio destro = 0.00  
 Sforzo assiale destro = 0.00

Risultati della rigidezza



K5 (1) = .....	5.40
K10 (1) = .....	10.58
K5 (2) = .....	4.30
K10 (2) = .....	10.58
Keq = .....	5.31
Zone = .....	2

Ala e anima delle travi a compressione - Risultati completi

Av, b.....	1721.24	mm <sup>2</sup>
VplbRd.....	335.99	kN
McRd.....	116983.70	kNmm
FcfbRd.....	508.18	kN
FcfbRd(1).....	508.18	kN
FcfbRd(2).....	347.60	kN

Piatto a flessione - Risultati completi

**Fila bulloni 1 (Prima fila di bulloni inferiore dell'ala tesa della trave)**

Parametri geometrici

Ec.....	960.00	mm
Ep.....	60.00	mm
Emin.....	60.00	mm
ex.....	0.00	mm
Mp.....	32.37	mm
Mxp.....	53.21	mm
P.....	120.00	mm
m.....	32.37	mm
n.....	40.47	mm

Lunghezza effettiva calcolata come fila individuale di bulloni

Lamda1.....	0.35
Lamda2.....	0.00
alpha.....	8.00

Schema circolare per fila 1

2*PI*Mp.....	203.42	mm
--------------	--------	----

Altro schema per fila 1

alfa*Mp.....	259.00	mm
--------------	--------	----

Mp11,Rd.....	1719.34 kNmm
Mp12,Rd.....	2189.13 kNmm
Fmode1.....	212.43 kN
Fmode2.....	160.59 kN
Fmode3.....	180.86 kN

Fmin..... 160.59 kN

Lunghezza effettiva calcolata come elemento del gruppo di bulloni

Schema circolare per fila 1

PI\*Mp + P..... 221.71 mm

Altro schema per fila 1

0.5\*p + alfa\*Mp - (2\*Mp + 0.625\*Ep)..... 216.75 mm

**Resistenza finale FtepbRd (1)..... 160.59 kN**

### Fila bulloni 2 (Altra fila bullone)

Parametri geometrici

Ec..... 960.00 mm

Ep..... 60.00 mm

Emin..... 60.00 mm

ex..... 0.00 mm

Mp..... 32.37 mm

Mxp..... 53.21 mm

P..... 120.00 mm

m..... 32.37 mm

n..... 40.47 mm

Lunghezza effettiva calcolata come fila individuale di bulloni

Schema circolare per fila 2

2\*PI\*Mp..... 203.42 mm

Altro schema per fila 2

4\*Mp + 1.25\*Ep..... 204.50 mm

Mp11,Rd..... 1719.34 kNmm

Mp12,Rd..... 1728.50 kNmm

Fmode1..... 212.43 kN

Fmode2..... 147.94 kN

Fmode3..... 180.86 kN

Fmin..... 147.94 kN

Lunghezza effettiva calcolata come elemento del gruppo di bulloni

Schema circolare per fila 2

PI\*Mp + P..... 221.71 mm

Altro schema per fila 2

2\*Mp + 0.625\*Ep + 0.5\*p..... 162.25 mm

Gruppo di bulloni dalla fila 1 alla fila 2

Lunghezza effettiva del schema circolare..... 443.42 mm

Lunghezza effettiva di un'altro schema..... 379.00 mm

Mp11,Rd..... 3203.42 kNmm

Mp12,Rd..... 3203.42 kNmm

Fmode1..... 395.80 kN

Fmode2..... 288.91 kN

Fmode3..... 361.73 kN

Fmin..... 288.91 kN

Fmin-FtRd(1)..... 128.33 kN

**Resistenza finale FtepbRd (2)..... 128.33 kN**

Anima delle travi a trazione - Risultati completi

**Fila bulloni 1**

Lunghezza effettiva.....	203.42 mm
FtwbRd.....	426.40 kN

**Resistenza finale FtwbRd (1)..... 426.40 kN**

**Fila bulloni 2**

Lunghezza effettiva.....	203.42 mm
FtwbRd.....	426.40 kN

**Gruppo di bulloni dalla fila 1 alla fila 2**

Lunghezza effettiva.....	379.00 mm
Fmin.....	794.45 kN
Fmin-FtRd(1).....	633.86 kN

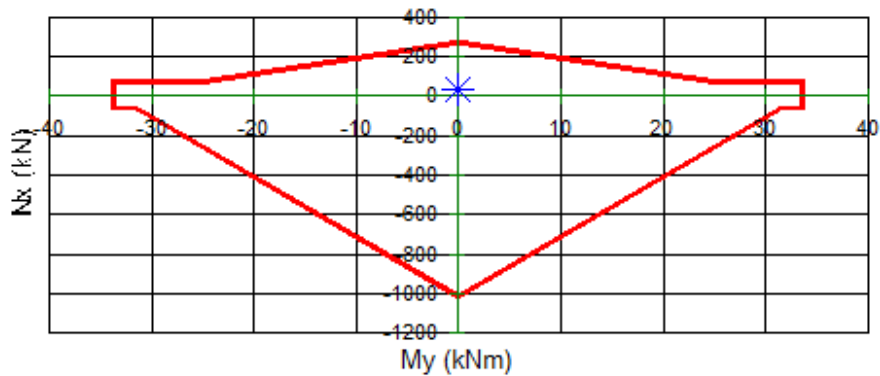
**Resistenza finale FtwbRd (2)..... 426.40 kN**

**Risultati di resistenza (My)**

Ala e anima della trave a compressione Fc,fb,Rd( 1).....	508.183 kN
Piatto a flessione Ft,ep,Rd( 1).....	160.586 kN
Tipi di rottura.....	2
Anima della trave a trazione Ft,wb,Rd( 1).....	426.397 kN
Resistenza a trazione Ftr,Rd delle file dei bulloni 1.....	160.59 kN
Ala e anima della trave a compressione Fc,fb,Rd( 2).....	347.597 kN
Piatto a flessione Ft,ep,Rd( 2).....	128.329 kN
Tipi di rottura.....	2
Anima della trave a trazione Ft,wb,Rd( 2).....	426.397 kN
Resistenza a trazione Ftr,Rd delle file dei bulloni 2.....	128.33 kN
Resistenza bulloni a trazione.....	90.432 kN
Controllo a compressione abilitato per l'anima e ali della trave.....	NO
Momento applicato My,sd.....	0.00 KNm
Resistenza di progetto del momento My,Rd.....	35.19 KNm
(My,Sd / My,rd) = (0.00 / 35.19) = 0.00 < 1.....	<b>O.K.</b>

**Momento e interazione assiale**

Nx,Sd assiale applicato.....	29.00 kN
Resistenza assiale Nx,Rd.....	274.31 KNm
(Nx,Sd / Nx,rd) = (29.00 / 274.31) = 0.11 < 1.....	<b>O.K.</b>



— Resistenza del giunto    \* Forze applicate

Lo sforzo applicato è minore del 5% della resistenza della trave. La forza normale applicata

verrà omessa!

Resistenza finale del giunto (M+N)

$$\Rightarrow (M_{y,sd}/M_{y,Rd}) + (M_{z,sd}/M_{z,Rd}) + (N_{x,sd}/N_{x,Rd}) = 0.00 + 0.00 + 0.00 = 0.00 < 1 \quad \text{O.K.}$$

Risultati di resistenza (Vz)

Resistenza bulloni a taglio.....	77.184 kN
Resistenza bulloni a rifollamento.....	163.200 kN

The shear resistance of the connection will be the minimum of the following:

- La resistenza minima a taglio di una fila di bulloni (incluso rifollamento) moltiplicata per il numero di file (EN 1998-1-8 3.7(1))

V <sub>ms</sub> .....	112.935 kN
-----------------------	------------

V <sub>z,rd(1)</sub> =.....	56.468 kN
-----------------------------	-----------

V <sub>z,rd(2)</sub> =.....	76.133 kN
-----------------------------	-----------

Taglio applicato V <sub>z,sd</sub> .....	15.00 kN
--	----------

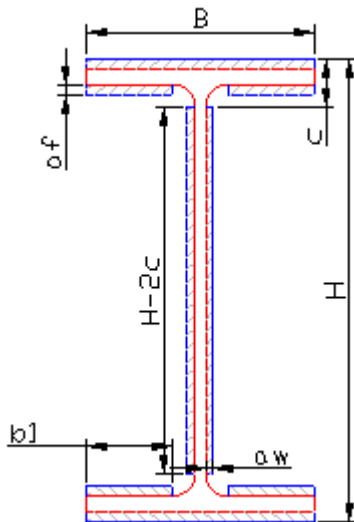
Resistenza di progetto a taglio V <sub>z,Rd,b</sub> .....	112.94 kN
---	-----------

$$(V_{z,sd} / V_{z,Rd}) = (15.00 / 112.94) = 0.13 < 1 \quad \text{O.K.}$$

Resistenza finale del giunto (V)

$$\Rightarrow (V_{z,sd}/V_{z,Rd}) + (V_{y,sd}/V_{y,Rd}) = 0.13 + 0.00 = 0.13 < 1 \quad \text{O.K.}$$

Resistenza saldature



Per momenti  $M_{y,sd}$   $M_{z,sd}$  :

$$A_w = 2*B*a_f + 2*(H - 2*c)*a_w + 4*b_l*a_f \dots\dots\dots 3968.80 \text{ mm}^2$$

$$t_{tot} = ((V_{y,sd} / A_w)^2 + (V_{z,sd} / A_w)^2)^{1/2} \dots\dots\dots 0.004 \text{ kN/mm}^2$$

$$W_{wy} \dots\dots\dots 301197.60 \text{ mm}^3$$

$$W_{wz} \dots\dots\dots 57503.52 \text{ mm}^3$$

$$s_{perp} = |M_{y,sd}| / W_{wy} + |M_{z,sd}| / W_{wz} + N_{sd} / A_w \dots\dots\dots 0.007 \text{ kN/mm}^2$$

$$\Rightarrow s_{perp} = 0.007 < f_u/\gamma_w = 0.408 \dots\dots\dots \text{O.K.}$$

$$s_{tot} = (3 * t_{tot}^2 + s_{perp}^2)^{1/2} \dots\dots\dots 0.010 \text{ kN/mm}^2$$

$$B_w \text{ (J 6.6.5.3(5))} \dots\dots\dots 0.90$$

**=> stot = 0.010 < fu/Bw\*?w = 0.453..... O.K.**

**=>> Il controllo della saldatura è OK O.K.**

Per momenti  $M_{y,Rd} = M_{j,Rd} = 35.19$  kNm (AnnexJ 3.1.3(3)) :

$S_w = 0.117 < f_u / \gamma_w = 0.408$

Il controllo della saldatura è OK

### Riassunto

Nodi	Carichi	Massimo	Mysd/My	Vzsd/Vz	Mzsd/Mz	Vysd/Vy	Nysd/Ny	Biax.Mo	Biax.Sh	Saldatu	BstC
-99	-99	0.13	0.00	0.13	--	0.00	0.00	0.00	0.13	0.02	--

### Legenda

Massimo	-> Tasso massimo
Mysd/Myrd	-> Resistenza giunti nell'asse maggiore a momento
Vzsd/Vzrd	-> Resistenza giunti nell'asse maggiore a taglio
Mzsd/Mzrd	-> Resistenza giunti nell'asse minore a momento
Vysd/Vyrd	-> Resistenza giunti nell'asse minore a taglio
Nysd/Nyrd	-> Connection's Strength in Axial Force
Biax.Mom+N	-> Resistenza giunti nel piano a flessione + N
Biax.Shr	-> Resistenza giunti nel piano a taglio
Saldature	-> Resistenza saldature
BstC	-> Verifica a compressione dell'anima della trave o della nervatura nella zona del rinforzo

## 5. CONNESSIONI TRAVE – COLONNA

### 5.1 GENERALE

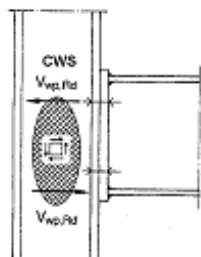
Questa categoria include giunti a momento trave-colonna. I tipi di giunti che il programma può calcolare sono i seguenti:

- 1 Giunto saldato trave-colonna.
- 2 Giunto bullonato trave-colonna.
- 3 Giunto bullonato saldato trave-colonna con angolari.

La soluzione dei giunti specificati sopra è basata sul "metodo delle componenti". Questo metodo calcola le forze finali dei giunti dalla resistenza del suo "metodo delle componenti".

Il "metodo delle componenti" per questi giunti sono:

#### a) Anima colonna a taglio

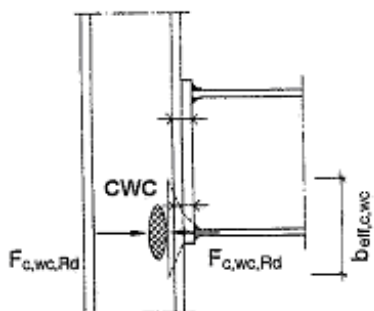


Per un giunto con singolo o doppio lato in comune nel quale le profondità della trave sono simili la resistenza a taglio di un'anima non rinforzata di una colonna è ottenuta dalla relazione:

$$V_{Wp,Rd} = (0.9 f_{y,wc} A_{vc}) / \sqrt{3} \gamma_{mo} \quad (J 3.5.1.)$$

Quando l'anima della colonna è rinforzata aggiungendo piatti supplementari in anima o nervature trasversali, l'area di taglio o la resistenza a taglio di conseguenza aumentano.

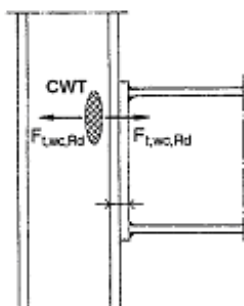
#### b) Anima colonna a compressione



La resistenza di un'anima non rinforzata della colonna soggetta a una compressione trasversale ottenuta dalla relazione:

$$F_{c,wc,Rd} = \omega b_{eff,c,wc} * t_{wc} * f_{y,wc} k_{wc} / \gamma_{Mo} \dots (J 3.5.2.)$$

#### c) Anima colonna a trazione

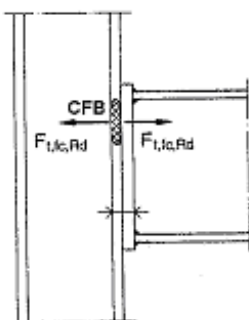


La resistenza di un'anima non rinforzata della colonna soggetta a una trazione trasversale ottenuta dalla relazione:

$$F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc} / \gamma_{mo} \dots (J 3.5.3.)$$

dove  $\omega$  è il fattore di riduzione per permettere gli effetti possibili del taglio nell'anima della colonna.

d) Ala colonna a flessione



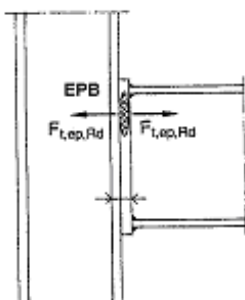
Nel caso di un'ala non rinforzata della colonna nel giunto saldato la resistenza a flessione dovrebbe essere ottenuta usando la relazione:

$$F_{fc,Rd} = b_{eff,b,Fc} t_{Fb} f_{y,Fb} / \gamma_{mo} (J 3.5.4.1)$$

Nel caso di giunti bullonati la resistenza e il modo di rottura dell'ala della colonna a flessione assieme con i bulloni soggetti a trazione è considerato simile a questi di un equivalente Elemento-T per entrambi:

- 4 Ogni fila di bulloni individuale necessaria a resistere a trazione
- 5 Ogni gruppo di file di bulloni necessaria a resistere a trazione

e) Flangia a flessione

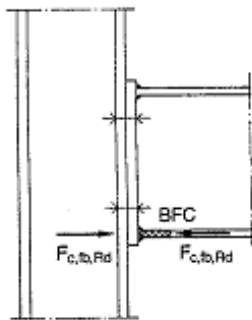


La resistenza e il modo di rottura della flangia a flessione assieme con i bulloni soggetti a trazione è considerato simile a questi di un equivalente Elemento-T:

- 6 Ogni fila di bulloni individuale necessaria a resistere a trazione
- 7 Ogni gruppo di file di bulloni necessaria a resistere a trazione

Nel caso di giunti trave-colonna con angolari lo specifico controllo è sostituito dall'angolare nella verifica a flessione la quale anche segue la metodologia equivalente Elemento-T.

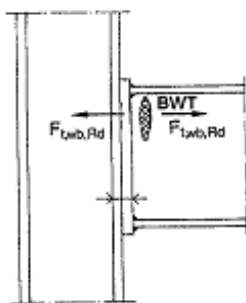
f) Ala e anima a compressione



La resistenza dell'ala della trave e la zona compressa adiacente dell'anima della trave è ottenuta dalla formula:

$$F_{c,fb,Rd} = M_{b,Rd} / (h - t_{fb}) \quad (J 3.5.7)$$

g) Anima trave a trazione



Nel caso di giunti bullonati la resistenza dell'anima della trave a trazione è ottenuta dalla formula:

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} * t_{wb} * f_{y,wb} / \gamma_{mo} \quad (J 3.5.8)$$

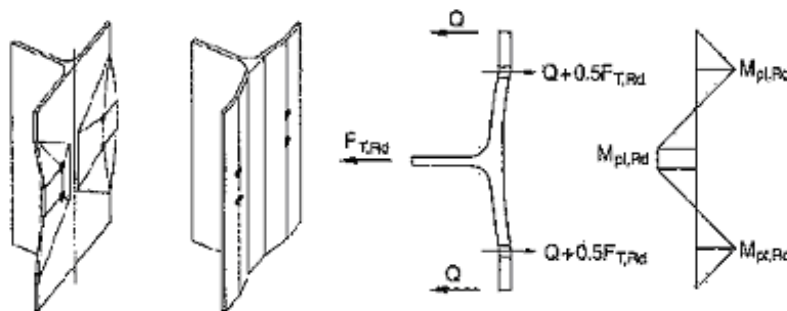
Dove la larghezza effettiva  $b_{eff,t,wb}$  dell'anima è presa come uguale all'effettiva lunghezza dell'equivalente Elemento-T rappresentante la flangia a flessione.

Equivalente Elemento-T

Come detto prima la modellazione di un equivalente Elemento-T è utilizzato per calcolare la resistenza di alcuni dei giunti "metodo delle componenti". I componenti del giunto sono modellati come Elemento-T ed esaminati individualmente o come dei gruppi di bulloni.

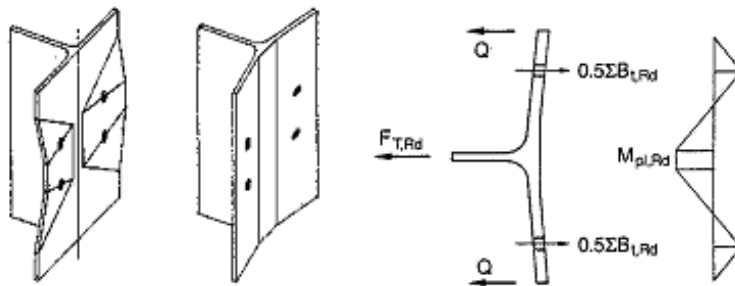
Tre possibili modi rottura sono presi in considerazione i quali sono i seguenti:

a) Completo cedimento dell'ala



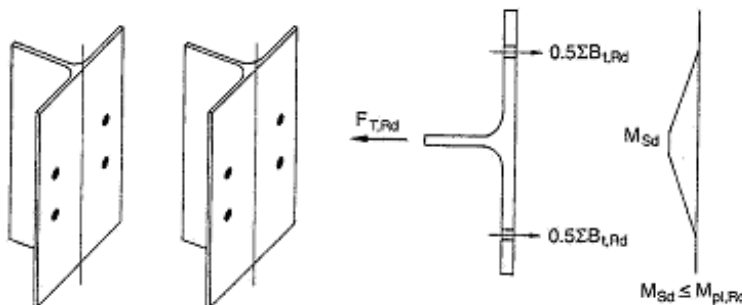
$$F_{T,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m}$$

b) Rottura dei bulloni con cedimento dell'ala



$$F_{T,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl2,Rd} + n \cdot \Sigma B_{t,Rd}}{m+n}$$

c) Rottura dei bulloni



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

#### Saldature

In aggiunta alla verifica del "metodo delle componenti" per i giunti a flangia trave-colonna saldati e bullonati, la verifica della resistenza delle saldature tra la trave e la colonna o della flangia è stata eseguita di conseguenza, utilizzando le seguenti formule (EC3 Annex M):

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{Mw})$$

$$\sigma_{\perp} \leq f_u / \gamma_{Mw}$$

dove:

$$\sigma_{\perp} = N_{sd} / A_w + M_{y,sd} / w_y + M_{z,sd} / w_z$$

$$\tau_{\perp} = V_{z,sd} / A_w$$

$$\tau_{//} = V_{y,sd} / A_w$$

#### Resistenza a momento

La resistenza finale del momento del giunto è ottenuta dalla formula:

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r \cdot F_{tr,Rd}$$

dove:

$F_{tr,Rd}$  è la resistenza a trazione effettiva della file dei bulloni  $r$

$h_r$  è la distanza della file del bullone  $r$  dal centro della compressione

#### Resistenza a taglio

Riguarda la resistenza del giunto a taglio e vengono eseguite le seguenti verifiche:

- resistenza dei bulloni a taglio
- resistenza dei piatti a rifollamento
- resistenza ad attrito (bulloni precaricati)

La resistenza del bullone a taglio è stata calcolata usando le formule dell'EC3:

$$f_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{nb} f_s}{\gamma_{mb}}, \quad 4.6 / 5.6 / 8.8 \text{ per classe bullone}$$

$$f_{v,Rd} = \frac{0,5 f_{nb} f_s}{\gamma_{mb}}, \quad 4.8 / 5.8 / 10.9 \text{ per classe bullone}$$

$$f_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{nb} f}{\gamma_{mb}}, \quad \text{per tutte le classi dei bulloni quando il piano di taglio passa attraverso una parte non filettata del bullone}$$

La resistenza dei piatti (flangia - ala colonna) a rifollamento è stata calcolata utilizzando la seguente formula:

$$f_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_{nb} \cdot t}{\gamma_{mb}}$$

Il contributo di un bullone a resistere al giunto ad attrito è stata calcolata usando la seguente formula dell'EC3:

$$f_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot f_{p,Cd}}{\gamma_{ms}}$$

La resistenza a taglio dei bulloni che sono contemporaneamente sollecitati a trazione e taglio è stata ridotta come segue:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1.0, \quad \text{per bulloni non precaricati}$$

$$f_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,Cd} - 0.8 \cdot F_{t,Sd,ser})}{\gamma_{M,ser}}, \quad \text{per bulloni precaricati (categoria B)}$$

$$f_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,Cd} - 0.8 \cdot F_{t,Sd})}{\gamma_{M,ult}}, \quad \text{per bulloni precaricati (categoria C)}$$

La resistenza a taglio per ogni fila dei bulloni è il minimo risultato della verifica sopra e la resistenza finale del giunto a taglio viene trovata aggiungendo la resistenza di tutte le file del bullone del giunto.

### Rigidezza rotazionale

La procedura della soluzione è descritta nell'Annex J dell'EC3 nel paragrafo J.4. La rigidezza rotazionale del giunto determinata dalla flessibilità del "metodo delle componenti" attraverso il coefficiente elastico di rigidezza  $k_i$  come mostrato nella seguente formula dell'EC3:

$$S_j = \frac{E \cdot z^2}{\mu \cdot \sum_i \frac{1}{k_i}} \quad (J.34)$$

dove:

$k_i$  è il coefficiente di rigidezza del "metodo delle componenti"  $i$

$z$  è il braccio di leva

$\mu$  è la frazione della rigidezza  $S_{j,ini}/S_j$

$S_{j,ini}$  è la rigidezza rotazionale iniziale data dalla stessa espressione (J.34) con  $\mu=1.0$

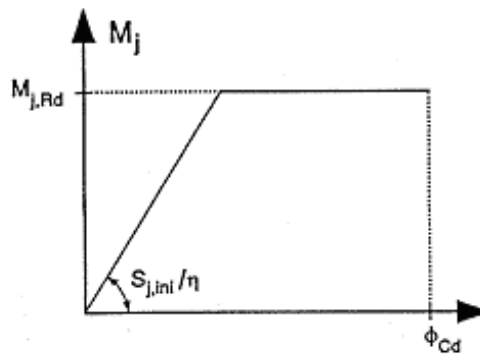
Quando l'analisi elastica globale è utilizzata i giunti dovrebbero essere classificati secondo le loro rigidezze.

Nel caso di un giunto semi-rigido la sua rigidezza rotazionale dovrebbe essere presa uguale al valore di  $S_j$ .

Come una semplificazione la rigidezza rotazionale può essere presa uguale a:

- $S_{j,ini}$  quando  $M_{J,Sd}$  non supera  $2/3 M_{J,Rd}$

- $S_{J,ini}/n$  quando  $M_{J,Sd}$  supera  $2/3 M_{J,Rd}$



bi-lineare semplificata di progetto caratteristiche momento-rotazione

Il programma dei giunti in acciaio calcola entrambi i valori di  $S_J$  e  $S_{J,ini}$ .  
I giunti trave-colonna sono classificati come rigidi, a cerniera o semi-rigidi secondo le sue rigidezze attraverso il confronto delle loro rigidezze rotazionali  $S_{J,ini}$  e i contorni dati dall'Annex J dell'EC3 i quali sono:

**Telaio rinforzato**

Zona 1: rigida, se  $S_{J,ini} \geq 8EI/L_b$

Zona 2: semi-rigida

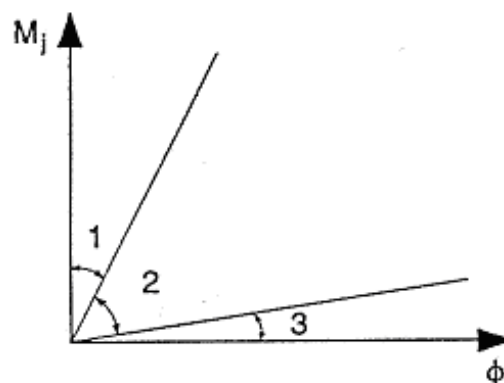
Zona 3: cerniera, se  $S_{J,ini} \leq 0.5EI/L_b$

**Telaio non rinforzato**

Zona 1: rigida, se  $S_{J,ini} \geq 25EI/L_b$

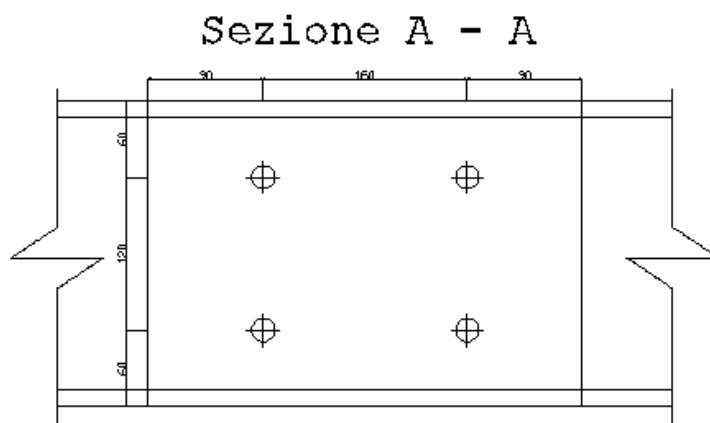
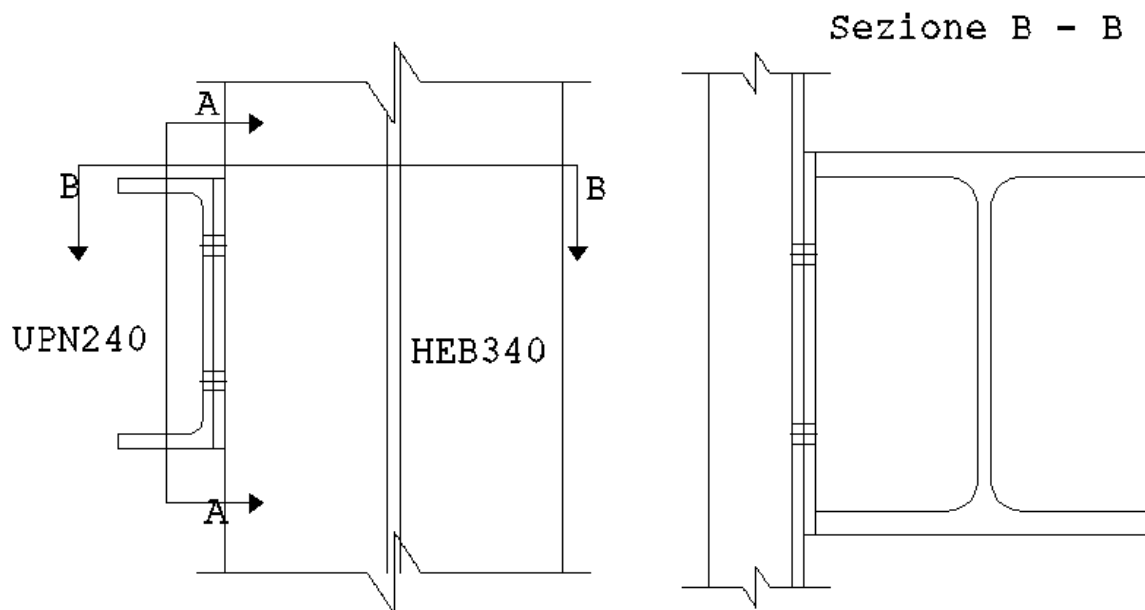
Zona 2: semi-rigida

Zona 3: cerniera, se  $S_{J,ini} \leq 0.5EI/L_b$

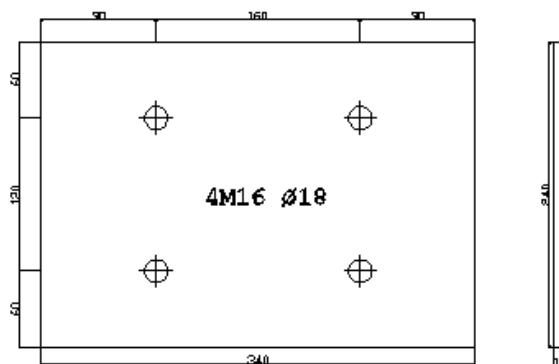


Contorni per classificazione della rigidezza dei giunti trave-colonna

5.2 TRAVE UPN240 – COLONNA HEB340



Piatto 340x180x10



## Dati del giunto inseriti

### Basi di progetto

Regola:.....	D.M.2008 - COSTRUZIONI
Gm0:.....	1.05
Gm1:.....	1.05
Gm2:.....	1.25

### Dati della trave

Tipo.....	UPN240
Materiale.....	S355
Altezza.....	240 mm
Larghezza.....	85 mm
Spessore anima.....	9.5 mm
Spessore ala.....	13.0 mm

### Dettagli giunto

Tipo giunto.....	GIUNTO IN COSTRUZIONE
Numero di travi.....	2
Materiale.....	S355
Altezza flangia.....	260 mm
Larghezza flangia.....	340 mm
Spessore flangia.....	10 mm
Spessore saldatura Af.....	6 mm
Spessore saldatura Aw.....	4 mm

### Bulloni

Tipo bulloni.....	M16
Classe bulloni.....	8.8 Su = 800 Sy = 640 MPa
Numero file bulloni.....	2
Numero colonne bulloni.....	2
Distanza W.....	160 mm
Distanza bordo.....	90 mm
Distanza H(1).....	120 mm
Distance bordo superiore.....	70 mm
Distanza bordo inferiore.....	70 mm

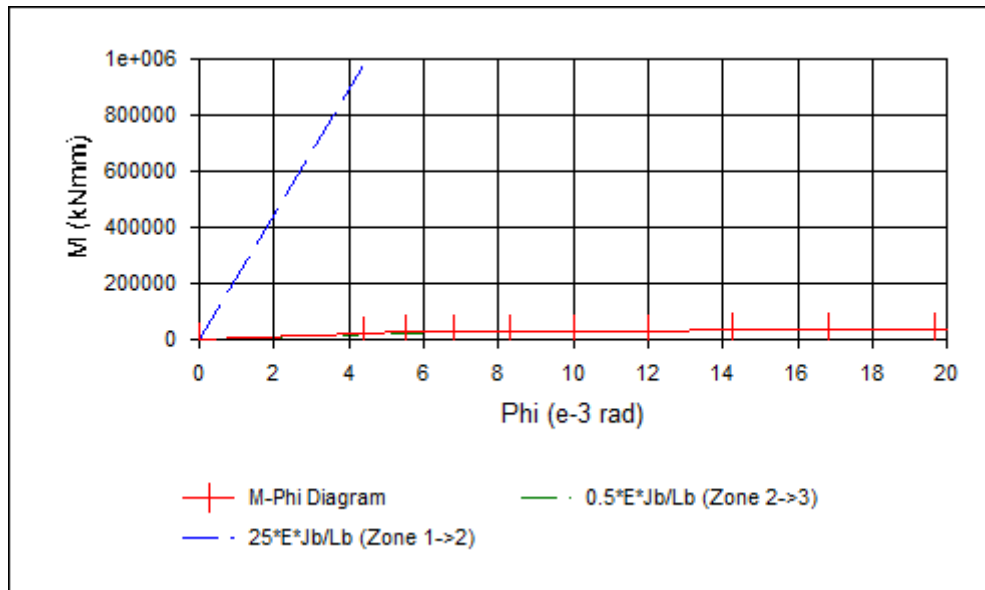
## Risultati della resistenza -

### Momenti e Forze applicate

Momento sinistro (KNm) = 0.00  
 Taglio sinistro = 7.30  
 Sforzo assiale sinistro = 12.40

Momento destro (KNm) = 0.00  
 Taglio destro = 0.00  
 Sforzo assiale destro = 0.00

Risultati della rigidezza



K5 (1) =	0.82
K10 (1) =	10.58
K5 (2) =	0.62
K10 (2) =	10.58
Keq =	1.09
Zone =	2

Ala e anima delle travi a compressione - Risultati completi

Av, b.....	1721.24	mm <sup>2</sup>
VplbRd.....	352.78	kN
McRd.....	122832.90	kNm
FcfbRd.....	533.59	kN
FcfbRd (1).....	533.59	kN
FcfbRd (2).....	370.05	kN

Piatto a flessione - Risultati completi

**Fila bulloni 1 (Prima fila di bulloni inferiore dell'ala tesa della trave)**

Parametri geometrici

Ec.....	920.00	mm
Ep.....	90.00	mm
Emin.....	90.00	mm
ex.....	0.00	mm
Mp.....	72.37	mm
Mxp.....	53.21	mm
P.....	120.00	mm
m.....	72.37	mm
n.....	90.00	mm

Lunghezza effettiva calcolata come fila individuale di bulloni

Lamda1.....	0.45
Lamda2.....	0.00
alpha.....	8.00

Schema circolare per fila 1

2*PI*Mp.....	454.74	mm
--------------	--------	----

Altro schema per fila 1

alfa*Mp.....	579.00	mm
--------------	--------	----

Mpl1,Rd.....	4035.84	kNm
--------------	---------	-----

Mpl2,Rd.....	5138.59 kNmm
Fmode1.....	223.05 kN
Fmode2.....	163.54 kN
Fmode3.....	180.86 kN
Fmin.....	163.54 kN
Lunghezza effettiva calcolata come elemento del gruppo di bulloni	
Schema circolare per fila 1	
PI*Mp + P.....	347.37 mm
Altro schema per fila 1	
0.5*p + alfa*Mp - (2*Mp + 0.625*Ep).....	438.00 mm

**Resistenza finale FtepbRd (1)..... 163.54 kN**

**Fila bulloni 2 (Altra fila bullone)**

Parametri geometrici

Ec.....	920.00 mm
Ep.....	90.00 mm
Emin.....	90.00 mm
ex.....	0.00 mm
Mp.....	72.37 mm
Mxp.....	53.21 mm
P.....	120.00 mm
m.....	72.37 mm
n.....	90.00 mm

Lunghezza effettiva calcolata come fila individuale di bulloni

Schema circolare per fila 2

2*PI*Mp.....	454.74 mm
--------------	-----------

Altro schema per fila 2

4*Mp + 1.25*Ep.....	402.00 mm
---------------------	-----------

Mpl1,Rd.....	3567.73 kNmm
Mpl2,Rd.....	3567.73 kNmm
Fmode1.....	197.18 kN
Fmode2.....	144.19 kN
Fmode3.....	180.86 kN

Fmin.....	144.19 kN
-----------	-----------

Lunghezza effettiva calcolata come elemento del gruppo di bulloni

Schema circolare per fila 2

PI*Mp + P.....	347.37 mm
----------------	-----------

Altro schema per fila 2

2*Mp + 0.625*Ep + 0.5*p.....	261.00 mm
------------------------------	-----------

Gruppo di bulloni dalla fila 1 alla fila 2

Lunghezza effettiva del schema circolare.....	694.74 mm
---	-----------

Lunghezza effettiva di un'altro schema.....	699.00 mm
---	-----------

Mpl1,Rd.....	6165.84 kNmm
Mpl2,Rd.....	6203.59 kNmm
Fmode1.....	340.77 kN
Fmode2.....	276.91 kN
Fmode3.....	361.73 kN

Fmin.....	276.91 kN
-----------	-----------

Fmin-FtRd(1).....	113.37 kN
-------------------	-----------

**Resistenza finale FtepbRd (2)..... 113.37 kN**

Anima delle travi a trazione - Risultati completi

**Fila bulloni 1**

Lunghezza effettiva.....	454.74 mm
--------------------------	-----------

FtwbRd.....	1000.89 kN
-------------	------------

**Resistenza finale FtwbRd (1)..... 1000.89 kN**

### Fila bulloni 2

Lunghezza effettiva.....	402.00 mm
FtwbRd.....	884.80 kN

Gruppo di bulloni dalla fila 1 alla fila 2

Lunghezza effettiva.....	694.74 mm
Fmin.....	1529.13 kN
Fmin-FtRd(1).....	1365.59 kN

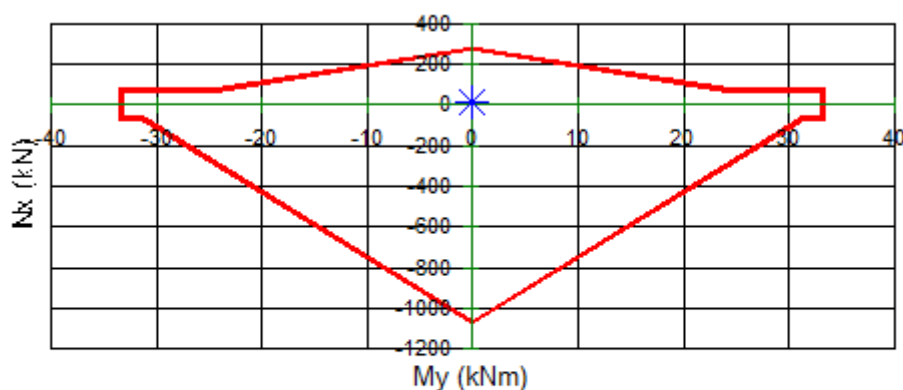
**Resistenza finale FtwbRd (2)..... 884.80 kN**

### Risultati di resistenza (My)

Ala e anima della trave a compressione Fc,fb,Rd( 1).....	533.592 kN
Piatto a flessione Ft,ep,Rd( 1).....	163.541 kN
Tipi di rottura.....	2
Anima della trave a trazione Ft,wb,Rd( 1).....	1000.888 kN
Resistenza a trazione Ftr,Rd delle file dei bulloni 1.....	163.54 kN
Ala e anima della trave a compressione Fc,fb,Rd( 2).....	370.051 kN
Piatto a flessione Ft,ep,Rd( 2).....	113.366 kN
Tipi di rottura.....	2
Anima della trave a trazione Ft,wb,Rd( 2).....	884.798 kN
Resistenza a trazione Ftr,Rd delle file dei bulloni 2.....	113.37 kN
Resistenza bulloni a trazione.....	90.432 kN
Controllo a compressione abilitato per l'anima e ali della trave.....	NO
Momento applicato My,sd.....	0.00 KNm
Resistenza di progetto del momento My,Rd.....	34.88 KNm
(My,Sd / My,Rd) = (0.00 / 34.88) = 0.00 < 1.....	<b>O.K.</b>

### Momento e interazione assiale

Nx,Sd assiale applicato.....	12.40 kN
Resistenza assiale Nx,Rd.....	277.80 KNm
(Nx,Sd / Nx,Rd) = (12.40 / 277.80) = 0.04 < 1.....	<b>O.K.</b>



— Resistenza del giunto    \* Forze applicate

Lo sforzo applicato è minore del 5% della resistenza della trave. La forza normale applicata verrà omessa!

Resistenza finale del giunto (M+N)

=>  $(My,sd/My,Rd) + (Mz,sd/Mz,Rd) + (Nx,sd/Nx,Rd) = 0.00 + 0.00 + 0.00 = 0.00 < 1$  **O.K.**

Risultati di resistenza (Vz)

Resistenza bulloni a taglio..... 77.184 kN  
Resistenza bulloni a rifollamento..... 163.200 kN

The shear resistance of the connection will be the minimum of the following:

- La resistenza minima a taglio di una fila di bulloni (incluso rifollamento) moltiplicata per il numero di file (EN 1998-1-8 3.7(1))

V<sub>ms</sub>..... 109.332 kN

V<sub>z,rd(1)</sub> =..... 54.666 kN

V<sub>z,rd(2)</sub> =..... 85.255 kN

Taglio applicato V<sub>z,sd</sub>..... 7.30 kN

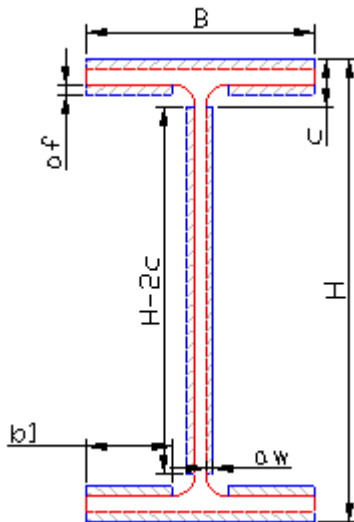
Resistenza di progetto a taglio V<sub>z,Rd,b</sub>..... 109.33 kN

(V<sub>z,Sd</sub> / V<sub>z,rd</sub>) = (7.30 / 109.33) = 0.07 < 1..... **O.K.**

Resistenza finale del giunto (V)

=> (V<sub>z,sd/Vz,Rd</sub>) + (V<sub>y,sd/Vy,Rd</sub>) = 0.07 + 0.00 = 0.07 < 1 **O.K.**

Resistenza saldature



Per momenti My,sd Mz,sd :

A<sub>w</sub> = 2\*B\*af + 2\*(H - 2\*c)\*aw + 4\*b1\*af..... 3968.80 mm<sup>2</sup>

t<sub>tot</sub> = ((V<sub>y\_Sd</sub> / A<sub>w</sub>)<sup>2</sup> + (V<sub>z\_Sd</sub> / A<sub>w</sub>)<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>..... 0.002 kN/mm<sup>2</sup>

W<sub>wy</sub>..... 301197.60 mm<sup>3</sup>

W<sub>wz</sub>..... 57503.52 mm<sup>3</sup>

s<sub>perp</sub> = (|M<sub>y\_Sd</sub>| / W<sub>wy</sub> + |M<sub>z\_s</sub>d| / W<sub>wz</sub>) + N<sub>sd</sub> / A<sub>w</sub>..... 0.003 kN/mm<sup>2</sup>

=> s<sub>perp</sub> = 0.003 < fu/?w = 0.408..... **O.K.**

st<sub>ot</sub> = (3 \* t<sub>tot</sub><sup>2</sup> + s<sub>perp</sub><sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>..... 0.004 kN/mm<sup>2</sup>

B<sub>w</sub> (J 6.6.5.3(5))..... 0.90

=> st<sub>ot</sub> = 0.004 < fu/B<sub>w</sub>\*?w = 0.453..... **O.K.**

=>>> Il controllo della saldatura è OK **O.K.**



Per momenti My,Rd= M<sub>j,Rd</sub> = 34.88 kNm (AnnexJ 3.1.3(3)) :

s<sub>w</sub> = 0.116 < fu/?w = 0.408

Il controllo della saldatura è OK

Riassunto

Nodi	Carichi	Massimo	Mysd/My	Vzsd/Vz	Mzsd/Mz	Vysd/Vy	Nysd/Ny	Biax.Mo	Biax.Sh	Saldatu	BstC
-99	-99	0.07	0.00	0.07	--	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	--

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	Rev.0	
	<i>Tabulati di collegamento scala forno caldaia</i>	PAG. 52/58	

## Legenda

Massimo	-> Tasso massimo
Mysd/Myrd	-> Resistenza giunti nell'asse maggiore a momento
Vzsd/Vzrd	-> Resistenza giunti nell'asse maggiore a taglio
Mzsd/Mzrd	-> Resistenza giunti nell'asse minore a momento
Vysd/Vyrd	-> Resistenza giunti nell'asse minore a taglio
Nysd/Nyrd	-> Connection's Strength in Axial Force
Biax.Mom+N	-> Resistenza giunti nel piano a flessione + N
Biax.Shr	-> Resistenza giunti nel piano a taglio
Saldature	-> Resistenza saldature
BstC	-> Verifica a compressione dell'anima della trave o della nervatura nella zona del rinforzo

## 6. GIUNTO CON PIATTO SALDATO

### 6.1 GENERALE

Il giunto può trasferire solo forze assiali da ogni elemento diagonale al piatto di collegamento. Non ci sono restrizioni per la geometria del giunto.

#### Resistenza di ogni elemento diagonale

Le verifiche eseguite sono le seguenti:

- resistenza dei bulloni a taglio
- resistenza dell'elemento a rifollamento
- resistenza del piatto di collegamento a rifollamento
- resistenza dell'elemento a forze assiali
- resistenza del membro a rottura

Per calcolare la resistenza dei bulloni a taglio, viene usata la seguente equazione dell'EC3:

$$f_{v,Rd} = n \frac{0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{mb}}, \text{ per classe bullone } 4.6 / 5.6 / 8.8$$

$$f_{v,Rd} = n \frac{0,5 f_{ub} A_s}{\gamma_{mb}}, \text{ per calsse bullone } 4.8 / 5.8 / 10.9$$

$$f_{v,Rd} = n \frac{0,6 f_{ub} A}{\gamma_{mb}}, \text{ se il piano di taglio passa attraverso la parte non filettata del bullone.}$$

dove:

n = numero dei piani di taglio r devono soddisfare la relazione:

$$f_{v,Rd} \geq V_{b,max}$$

Per calcolare la resistenza a rifollamento degli elementi e il piatto di collegamento, viene usata la seguente equazione:

$$f_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t_{min}}{\gamma_{mb}} \geq V_{b,max}$$

Per calcolare la resistenza assiale degli elementi, viene usato il seguente metodo:

- Trazione assiale (EC3 Par. 5.4.3)

- 1) L'elemento è un piatto

$$N_{p\ell,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}, \text{ per la sezione}$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{m0}}, \text{ per la sezione netta}$$

- 2) L'elemento è un angolare

$$N_{p\ell,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}, \text{ per la sezione}$$

$$N_{u,Rd} \text{ secondo il paragrafo 6.5.2.3 (Angolare giuntato da un$$

elemento)

b) Compressione assiale (EC3 Par. 5.4.4)

$$N_{p\ell, Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}, \text{ per la sezione}$$

Per calcolare la resistenza dell'elemento a rottura, è usata la seguente equazione secondo l'EC3 paragrafo 6.8.2:

$$V_{eff, Rd} = \frac{A_{v, eff} \cdot f_y}{\sqrt{3} \gamma_{m0}}$$

dove:

$$A_{v, eff} = t \cdot L_{v, eff}$$

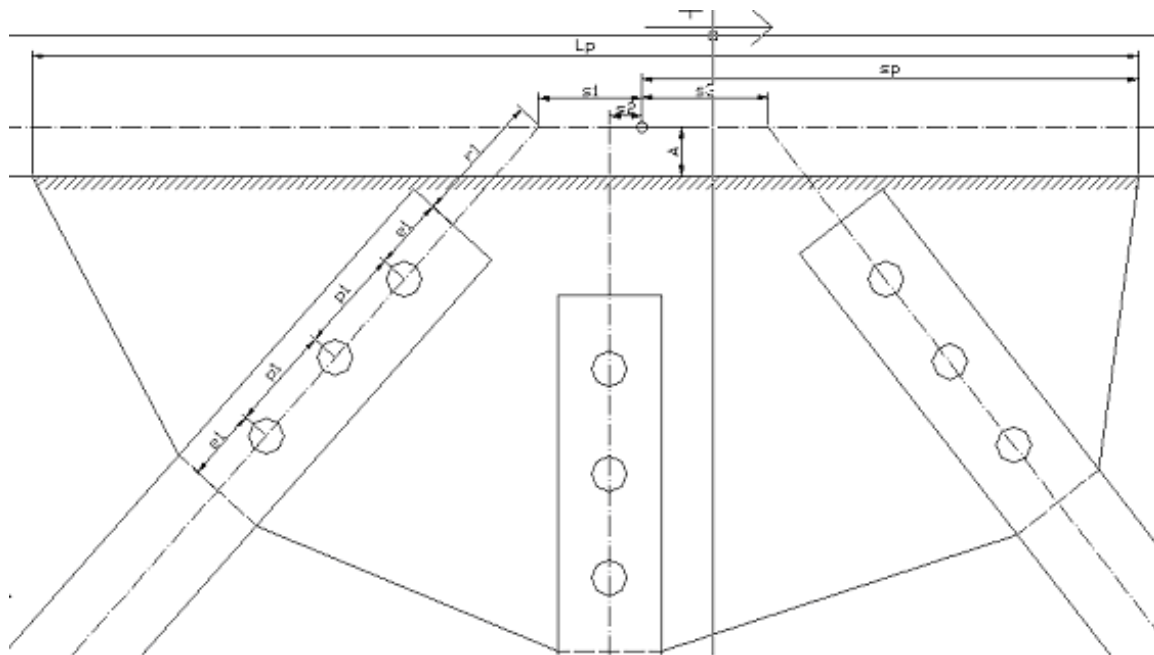
e deve soddisfare la relazione:

$$V_{eff, Rd} \geq V_{sd} / n_A$$

*Resistenza del piatto di collegamento e saldature*

Le verifiche eseguite sono le seguenti:

- resistenza del piatto a taglio, assiale e momento
- resistenza delle saldature a taglio a taglio, assiale e momento



L'eccentricità degli assi degli elementi produce un momento, taglio e forze assiali nel punto centrale del piatto di collegamento del giunto saldato.

Le forze applicate al punto di riferimento sono:

$$M_t = \sum - N_i \cdot d_i$$

$$N_t = \sum N_i \cdot \cos(a_i)$$

$$V_t = \sum N_i \cdot \sin(a_i)$$

dove:

$d_i$ = distanza di ogni asse degli elementi dal punto di riferimento  
 $N_i$ = forza assiale applicata per ogni elemento

Finalmente le forze applicate nel punto medio del giunto saldato sono:

$$M_o = M_t + N_t \cdot y_o - V_t \cdot A \quad , y_o = s_p - L_p / 2$$

$$N_o = N_t$$

$$V_o = V_t$$

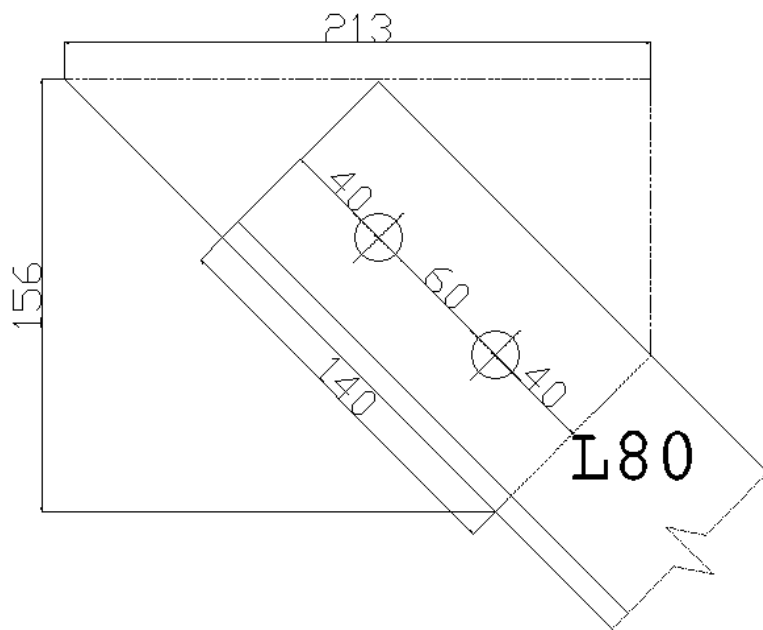
Per calcolare la resistenza a flessione e taglio, sono usate le seguenti equazioni:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} \quad , \quad M_{pl,Rd} = \frac{W \cdot f_y}{\gamma_{m0}} \quad , \quad N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$

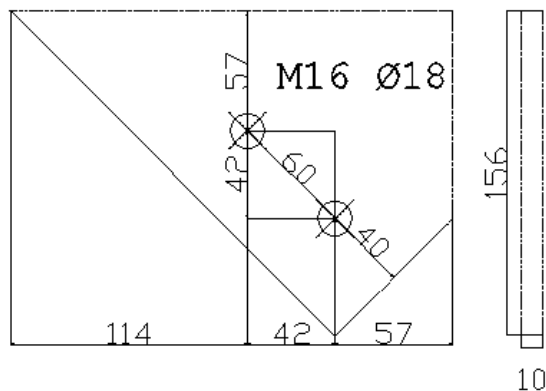
Deve essere soddisfatta la seguente relazione:

$$V_{pl,Rd} \geq V_o \quad , \quad M_{pl,Rd} \geq M_o \quad , \quad N_{pl,Rd} \geq N_o$$

## 6.2 ANGOLARI SINGOLI O ACCOPPIATI 80x80X8/10



### Piatto



NOTA:  
LA GEOMETRIA DI QUESTO PIATTO  
VARIERA' IN FUNZIONE DEGLI  
ELEMENTI DA COLLEGARE

### Basi di progetto

Regola.....	D.M.2008 - COSTRUZIONI
Gm0:.....	1.05
Gm1:.....	1.05
Gm2:.....	1.25

### Dati della diagonale 2

Tipo.....	L80x8
Materiale.....	S355
Angolo.....	45°
Distanza r.....	200 mm
Distanza s.....	0 mm
Tipo bulloni.....	M16
Classe bulloni.....	8.8 Su = 800 Sy = 640 MPa
Numero file bulloni.....	2
Numero colonne bulloni.....	1



## Legenda

Massimo	-> Tasso massimo
CP1_Mom	-> Resistenza piatti del giunto a momento
W_Mom	-> Resistenza saldature a momento
CP1_Shr	-> Resistenza piatto del giunto a taglio
W_Shr	-> Resistenza saldature a taglio
CP1_Axi	-> Resistenza piatto del giunto a sforzi assiali
W_Axi	-> Resistenza saldature a sforzi assiali
D1-BSh	-> Diagonali1-Bulloni a taglio
D1-MBe	-> Diagonali1-Elemento a rifollamento
D1-PlBe	-> Diagonali1-Piatto del giunto a rifollamento
D1-MRu	-> Diagonali1-Elemento a rottura
D1-MAx	-> Diagonali1-Elemento a sforzi assiali
D1-C1OL	-> Diagonali1-'Angolare bullonato in un lato' controlla
D2-BSh	-> Diagonali2-Bulloni a taglio
D2-MBe	-> Diagonali2-Elemento a rifollamento
D2-PlBe	-> Diagonali2-Piatto del giunto a rifollamento
D2-MRu	-> Diagonali2-Elemento a rottura
D2-MAx	-> Diagonali2-Elemento a sforzi assiali
D2-C1OL	-> Diagonali2-'Angolare bullonato in un lato' controlla
D3-BSh	-> Diagonali3-Bulloni a taglio
D3-MBe	-> Diagonali3-Elemento a rifollamento
D3-PlBe	-> Diagonali3-Piatto del giunto a rifollamento
D3-MRu	-> Diagonali3-Elemento a rottura
D3-MAx	-> Diagonali3-Elemento a sforzi assiali
D3-C1OL	-> Diagonali3-'Angolare bullonato in un lato' controlla