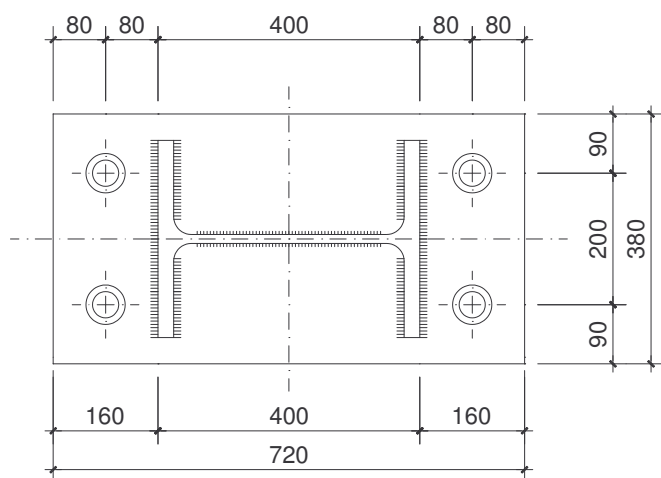


Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	1 di 8

1. Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8



1.1. Caratteristiche dei materiali

1.1.1. Colonna HE400B:

Acciaio Fe 430:	$f_{y,c} = 275$	(N/mm ²)
	$f_{u,c} = 430$	(N/mm ²)
Altezza della colonna:	$h_c = 400$	(mm)
Larghezza della colonna:	$b_c = 300$	(mm)
Spessore delle ali:	$t_{f,c} = 24$	(mm)
Spessore dell'anima:	$t_{w,c} = 13.5$	(mm)
Raggio raccordo:	$r_c = 27$	(mm)
Area della sezione trasversale:	$A_c = 197.8$	(cm ²)
Modulo di resistenza plastico:	$W_{pl,y,c} = 3232$	(cm ³)

1.1.2. Piastra di base:

Acciaio Fe 430:	$f_{y,p} = 255$	(N/mm ²)
	$f_{u,p} = 410$	(N/mm ²)
Altezza della piastra	$h_p = 720$	(mm)
Larghezza della piastra:	$b_p = 380$	(mm)
Spessore della piastra:	$t_{f,p} = 45$	(mm)

1.1.3. Bulloni:

Acciaio classe 10.9:	$f_{u,b} = 1000$	(N/mm ²)
Diametro del bullone:	$d = 36$	(mm)
Diametro della rondella:	$d_w = 60$	(mm)
Area sulla parte filettata:	$A_s = 817$	(mm ²)

1.1.4. Calcestruzzo classe 25/30:

Resistenza cilindrica:	$f_{ck} = 25$	(N/mm ²)
Coefficiente di sicurezza:	$\gamma_c = 1.60$	

Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	2 di 8

1.2. Caratteristiche di sollecitazione

Forza normale di compressione:	$N_{Sd} = -500$	(kN)
Momento flettente in senso orario:	$M_{Sd} = 40000$	(kNcm)
Forza di taglio:	$V_{Sd} = 300$	(kN)

1.3. Resistenza delle saldature

1.3.1. Forza agente sulle saldature d'ala:

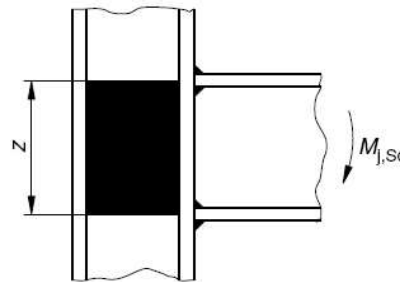
Poiché la forza di compressione eccede il 5% della resistenza plastica della sezione trasversale della colonna è necessario tenerla in conto ai fini delle verifiche di resistenza:

$$N_{pl,Rd,c} = A_c \cdot \frac{f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = 197.8 \cdot 10^2 \cdot \frac{275}{1.10 \cdot 1000} = 4945$$

$$N_{5\%,Rd} = 0.05 \cdot N_{pl,Rd,c} = 0.05 \cdot 4945 = 247.25 < 500$$

La forza agente sulle saldature d'ala risulta:

$$F_{w,Sd} = \frac{M_{Sd}}{h_c - t_{f,c}} + \frac{|N_{Sd}|}{2} = \frac{40000}{40 - 2.4} + \frac{500}{2} = 1314$$



a) Collegamento saldato

1.3.2. Resistenza delle saldature d'ala:

Si praticano saldature a cordone d'angolo con altezza di gola pari a:

$$a_{g,f} = t_{f,c} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 24 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 17 \text{ (mm)}$$

La lunghezza del cordone esterno all'ala è pari alla larghezza dell'ala:

$$l_{c,1} = b_c = 300 \text{ (mm)}$$

La lunghezza del cordone interno all'ala è pari:

$$l_{c,2} = b_c - 2 \cdot r_c - t_{w,c} = 300 - 2 \cdot 27 - 13.5 = 232.5 \text{ (mm)}$$

Resistenza di calcolo della saldatura:

$$f_{w,d} = \frac{f_{u,c}}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{430}{\sqrt{3} \cdot 0.85 \cdot 1.25} = 233.66 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$F_{w,Rd} = a_{g,f} \cdot (l_{c,1} + l_{c,2}) \cdot f_{w,d} = \frac{17 \cdot (300 + 232.5) \cdot 233.66}{1000} = 2115 > F_{w,Sd} \text{ (kN)}$$

1.3.3. Verifica delle saldature d'ala:

Verifica a presso flessione:

$$N_{w,Rd} = 2 \cdot F_{w,Rd} = 2 \cdot 2115 = 4230 \text{ (kN)}$$

$$M_{w,Rd} = F_{w,Rd} \cdot (h_c - t_{f,c}) = 2115 \cdot (40 - 2.4) = 79524 \text{ (kNcm)}$$

$$\frac{N_{Sd}}{N_{w,Rd}} + \frac{M_{Sd}}{M_{w,Rd}} = \frac{500}{4230} + \frac{40000}{79524} = 0.62 < 1$$

Per assicurare la duttilità della saldatura è necessario che la resistenza della saldatura ecceda la resistenza plastica della colonna, ovvero:

$N_{w,Rd} \geq N_{pl,Rd,c}$ in questo caso essendo $N_{w,Rd} < N_{pl,Rd,c}$ sarebbe necessario aumentare lo spessore delle saldature.

Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	3 di 8

1.3.4. Resistenza delle saldature d’anima

Le saldature d’anima devono essere in grado di assorbire il taglio di progetto.

Si praticano saldature a cordone d’angolo con altezza di gola pari a:

$$a_{g,c} = t_{w,c} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 13.5 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 9.5 \quad (\text{mm})$$

La lunghezza dei cordoni d’anima è pari all’altezza saldabile della colonna

$$l_{c,w} = 298 \quad (\text{mm})$$

Resistenza di calcolo della saldatura:

$$f_{vw,d} = \frac{f_{u,c}}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{430}{\sqrt{3} \cdot 0.85 \cdot 1.25} = 233.66 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$F_{w,Rd} = a_{g,f} \cdot n_c \cdot l_{c,w} \cdot f_{vw,d} = \frac{9.5 \cdot 2 \cdot 298 \cdot 233.66}{1000} = 1323 > V_{Sd} \quad (\text{kN})$$

1.4. Resistenza della piastra di base e del calcestruzzo

E’ necessario determinare la resistenza a trazione $F_{T,1,Rd}$ come la minima tra:

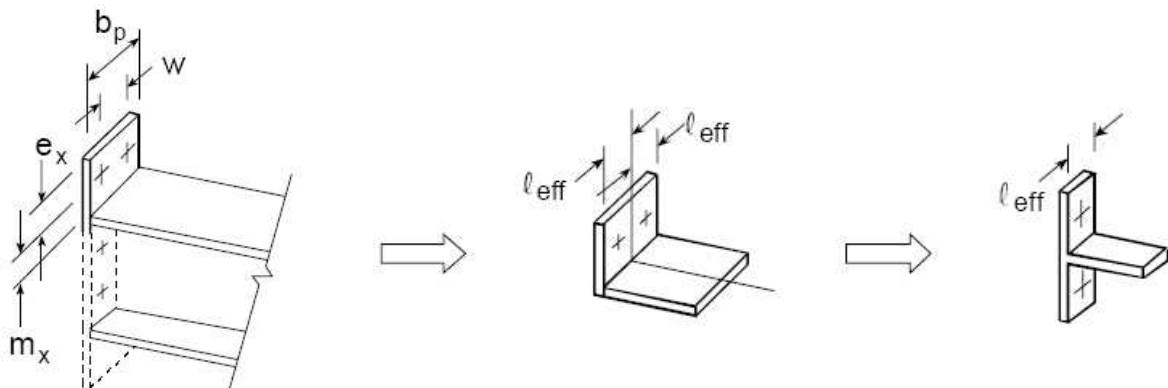
- La resistenza a flessione della piastra di base: $F_{T,pl,Rd}$
- La resistenza a trazione dell’anima della colonna: $F_{T,wc,Rd}$

E’ necessario determinare la resistenza a compressione $F_{C,1,Rd}$ come la minima tra:

- La resistenza a compressione dell’ala e dell’anima della colonna: $F_{c,fc,Rd}$
- La resistenza a compressione del calcestruzzo: $F_{c,pl,Rd}$

1.4.1. Resistenza a flessione della piastra di base:

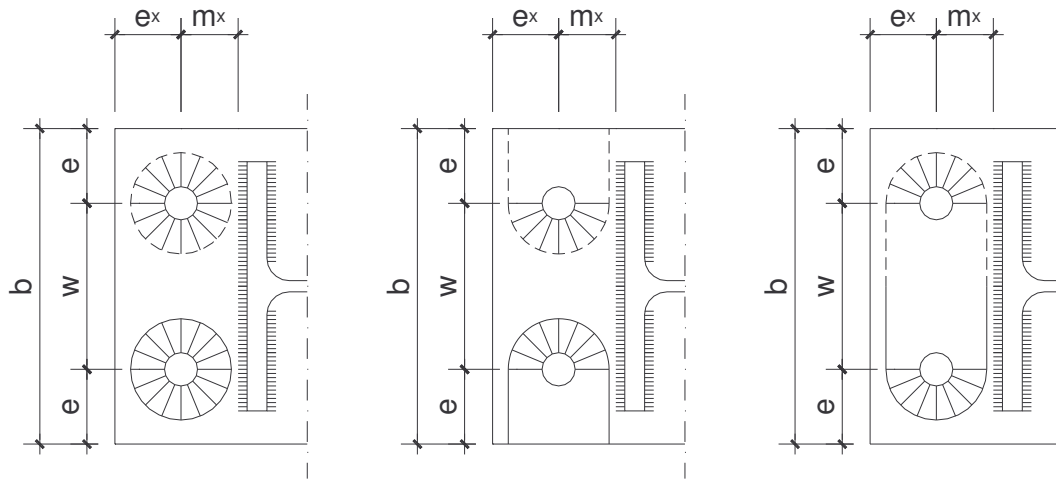
La resistenza a flessione della piastra di base si calcola considerando la resistenza dell’elemento a T equivalente di una flangia non irrigidita estesa oltre l’ala tesa della colonna:



Il meccanismo di rottura può seguire linee di snervamento circolari o meno in funzione della geometria del giunto:

Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	4 di 8

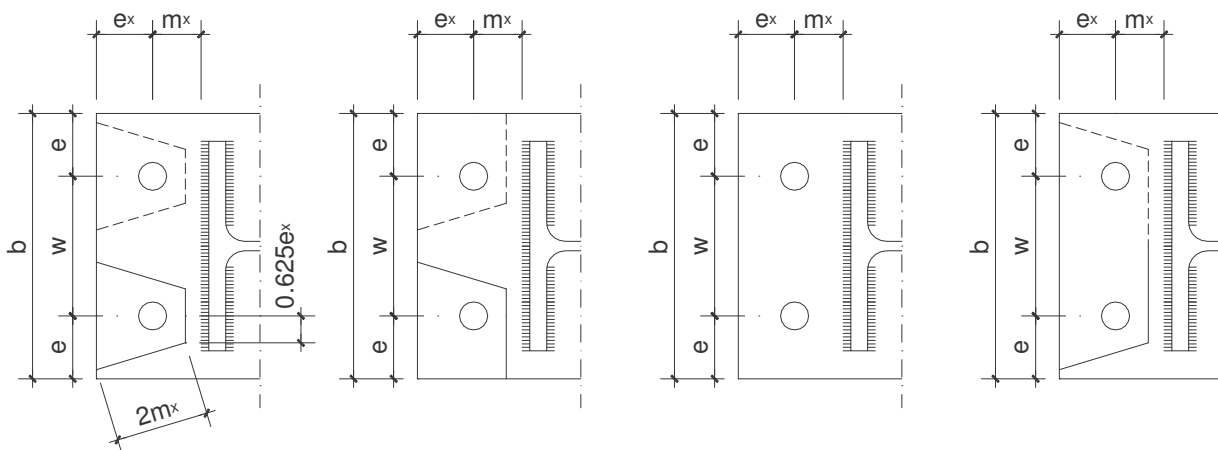
Modello di rottura circolare:



Interasse tra i bulloni: $w = 200$ (mm)
 Distanza dei bulloni dal bordo libero: $e_x = 80$ (mm)
 $e = 90$ (mm)
 Distanza dei bulloni dalla saldatura: $m_x = 160 - e_x - 0.8 \cdot \alpha_{gf} \cdot \sqrt{2} = 60.80$ (mm)

Meccanismo 1°: $l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m_x = 2 \cdot \pi \cdot 60.80 = 382$ (mm)
 Meccanismo 2°: $l_{eff,cp} = \pi \cdot m_x + 2 \cdot e = \pi \cdot 60.80 + 2 \cdot 90 = 371$ (mm)
 Meccanismo 3°: $l_{eff,cp} = \pi \cdot m_x + w = \pi \cdot 60.80 + 200 = 391$ (mm)

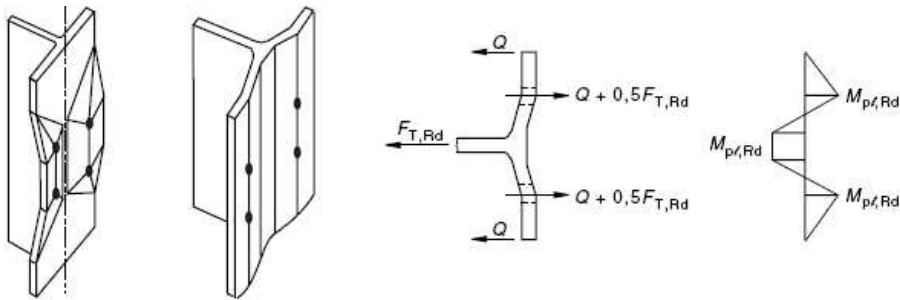
Modello di rottura non circolare:



Meccanismo 1°: $l_{eff,nc} = 4 \cdot m_x + 1.25 \cdot e_x = 4 \cdot 60.80 + 1.25 \cdot 80 = 343.2$ (mm)
 Meccanismo 2°: $l_{eff,nc} = 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x + e = 2 \cdot 60.80 + 0.625 \cdot 80 + 90 = 261.6$ (mm)
 Meccanismo 3°: $l_{eff,nc} = 0.5 \cdot b_p = 0.5 \cdot 380 = 190$ (mm)
 Meccanismo 4°: $l_{eff,nc} = 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x + 0.5 \cdot w = 2 \cdot 60.80 + 0.625 \cdot 80 + 0.5 \cdot 200 = 271.6$ (mm)

Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	5 di 8

Calcolo della forza di trazione per il modo di **collasso A**: snervamento della piastra



La lunghezza effettiva di calcolo per il meccanismo di collasso A è pari a:

$$l_{eff,A} = \min(l_{eff,nc}) = 190 < l_{eff,cp} \quad (\text{mm})$$

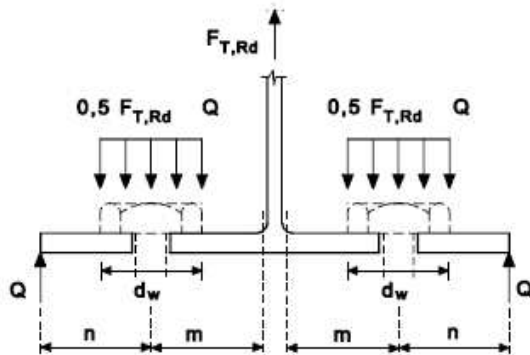
Il modulo di resistenza plastico risulta:

$$W_{pl,A} = 0.25 \cdot l_{eff,A} \cdot t_p^2 = 0.25 \cdot 190 \cdot 45^2 = 96187.5 \quad (\text{mm}^3)$$

Il momento resistente della flangia risulta:

$$M_{Rd,A} = W_{pl,A} \cdot \frac{f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = 96187.5 \cdot \frac{255}{1.10} = 22298011 \quad (\text{Nmm})$$

La forza di trazione corrispondente al meccanismo di collasso A risulta:



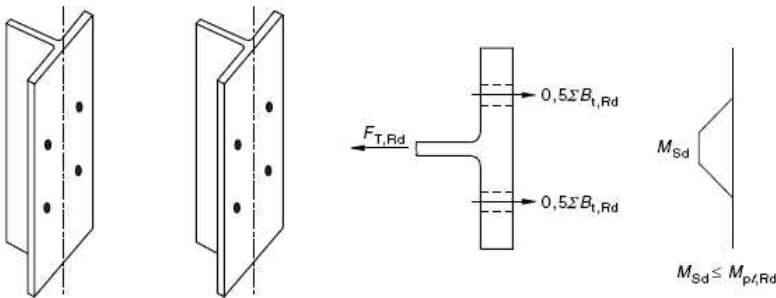
$$F_{T,IRd}^A = \frac{\left(8 \cdot n - 2 \cdot \frac{d_w}{4}\right) \cdot M_{Rd,A}}{2 \cdot m_x \cdot n - \frac{d_w}{4} \cdot (m_x + n)}$$

dove: $n = \min(e_x; 1.25 \cdot m_x) = 76 \quad (\text{mm})$

$$F_{T,IRd}^A = \frac{\left(8 \cdot 76 - 2 \cdot \frac{60}{4}\right) \cdot 22298011}{2 \cdot 60.8 \cdot 76 - \frac{60}{4} \cdot (60.8 + 76)} \cdot \frac{1}{1000} = 1793 \quad (\text{kN})$$

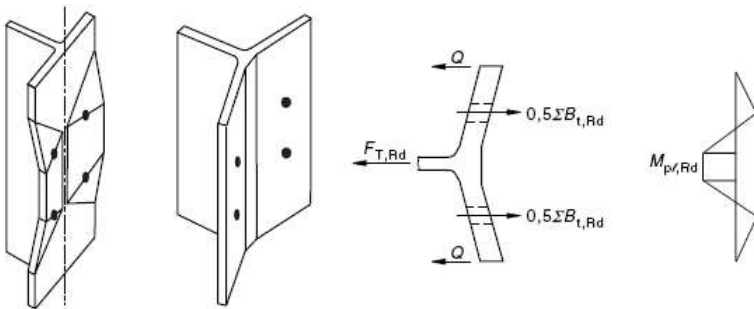
Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	6 di 8

Calcolo della forza di trazione per il modo di **collasso C**: rottura per trazione dei bulloni



$$F_{T,1,Rd}^C = \sum_i F_{T,Rd} = n_b \cdot \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{Mb}} = 2 \cdot \frac{0.9 \cdot 817 \cdot 1000}{1.25 \cdot 1000} = 1176 \quad (\text{kN})$$

Calcolo della forza di trazione per il modo di **collasso B**: snervamento della piastra e rottura dei bulloni



La lunghezza effettiva di calcolo per il meccanismo di collasso B è pari a:

$$l_{eff,B} = \min(l_{eff,nc}) = 190 \quad (\text{mm})$$

Il modulo di resistenza plastico risulta:

$$W_{pl,B} = 0.25 \cdot l_{eff,B} \cdot t_p^2 = 0.25 \cdot 190 \cdot 45^2 = 96187.5 \quad (\text{mm}^3)$$

Il momento resistente della flangia risulta:

$$M_{Rd,B} = W_{pl,B} \cdot \frac{f_{y,p}}{\gamma_{M0}} = 96187.5 \cdot \frac{255}{1.10} = 22298011 \quad (\text{Nmm})$$

La forza di trazione corrispondente al meccanismo di collasso B risulta:

$$F_{T,1,Rd}^B = \frac{2 \cdot M_{Rd,B} + n \cdot \sum_i F_{T,Rd}}{m_x + n} = \frac{2 \cdot 22298011 + 76 \cdot 1176000}{60.80 + 76} \cdot \frac{1}{1000} = 979 \quad (\text{kN})$$

Dai calcoli risulta che il meccanismo di collasso preferenziale è quello che predilige la rottura contemporanea sia dei bulloni che della piastra pertanto:

$$F_{t,pl,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}^A, F_{T,1,Rd}^B, F_{T,1,Rd}^C] = 979 \quad (\text{kN})$$

Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	7 di 8

1.4.2. Resistenza a trazione dell'anima della colonna

La resistenza dell'anima della colonna in trazione deve essere calcolata sulla base della lunghezza effettiva dell'elemento a T equivalente rappresentante la piastra:

$$\left\{ \begin{aligned} F_{t,wc,Rd} &= \frac{b_{eff,t,wc} \cdot t_{w,c} \cdot f_{y,c}}{\gamma_{M0}} \\ b_{eff,t,wc} &= l_{eff,min} \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} F_{t,wc,Rd} &= \frac{b_{eff,t,wc} \cdot t_{w,c} \cdot f_{y,c}}{\gamma_{M0}} = \frac{190 \cdot 13.5 \cdot 275}{1.10 \cdot 1000} = 641.25 \quad (\text{kN}) \\ b_{eff,t,wc} &= l_{eff,min} = 190(\text{mm}) \end{aligned} \right.$$

1.4.3. Resistenza minima in zona tesa

La resistenza minima in zona tesa è pari al valore minimo tra $F_{t,pl,Rd}$ e $F_{t,wc,Rd}$

$$F_{T,1,Rd} = \min[979 \quad 641.25] = 641.25 \quad (\text{kN})$$

1.4.4. La resistenza a compressione dell'ala e dell'anima della colonna

La resistenza della colonna nella zona compressa si ricava nel seguente modo:

$$F_{c,fc,Rd} = \frac{M_{pl,Rd}}{h_c - t_{fc}} = \frac{W_{pl,y,c} \cdot f_{y,c}}{(h_c - t_{fc}) \cdot \gamma_{M0}} = \frac{3232 \cdot 10^3 \cdot 275}{(400 - 24) \cdot 1.10 \cdot 1000} = 2149 \quad (\text{kN})$$

1.4.5. La resistenza a compressione del calcestruzzo

La resistenza a compressione del calcestruzzo deve essere determinata nel seguente modo:

$$F_{c,pl,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff}$$

dove:

b_{eff} è la larghezza effettiva dell'elemento a T equivalente

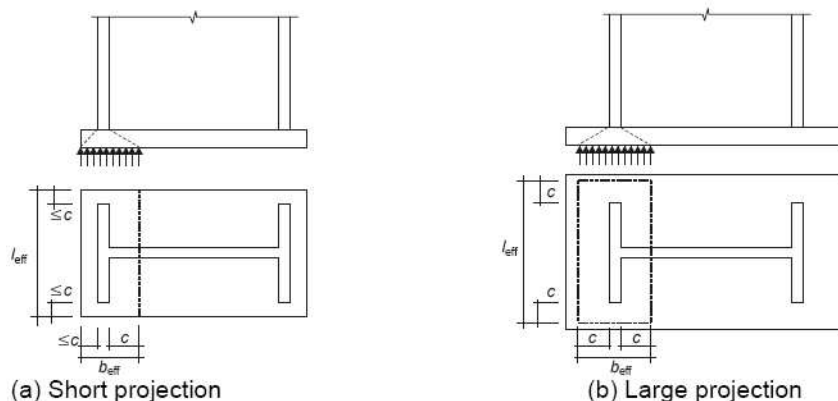
l_{eff} è la lunghezza effettiva dell'elemento a T equivalente

f_{jd} è la resistenza di contatto del giunto

$$f_{jd} = \beta_j \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{25}{1.60} = 10.42 \quad (\text{N/mm}^2)$$

β_j è il coefficiente di giunto, che può essere preso uguale a 2/3, purché la resistenza caratteristica della malta non sia minore di 0,2 volte la resistenza caratteristica del calcestruzzo della fondazione e lo spessore della malta non sia maggiore di 0,2 volte la larghezza minima della piastra di base in acciaio.

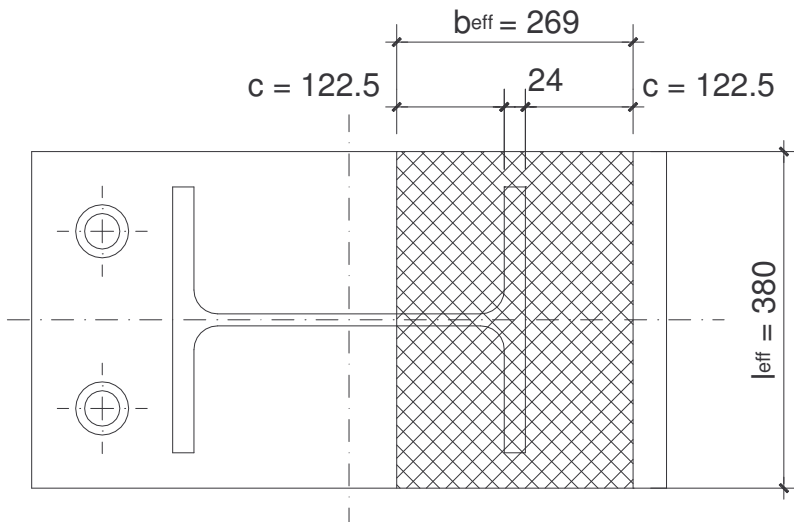
Per la determinazione di b_{eff} e l_{eff} si deve far riferimento al figura riportata di seguito:



Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	8 di 8

Lo sbalzo massimo da considerare come efficace per la diffusione delle forze di compressione deve essere assunto pari a :

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{y,p}}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = 45 \cdot \sqrt{\frac{255}{3 \cdot 10.42 \cdot 1.10}} = 122.5 \quad (\text{mm})$$



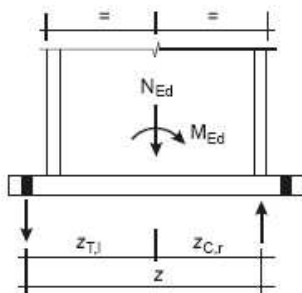
$$F_{c,pl,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff} = \frac{10.41 \cdot 269 \cdot 380}{1000} = 1064 \quad (\text{kN})$$

1.4.6. Resistenza minima in zona compressa

La resistenza minima in zona tesa è pari al valore minimo tra $F_{c,fc,Rd}$ e $F_{c,pl,Rd}$

$$F_{c,Rd} = \min[2149 \quad 1064] = 1064 \quad (\text{kN})$$

1.5. Determinazione del momento resistente del giunto di base



Per prima cosa è necessario determinare le distanze dal baricentro della colonna:

$$z_{TJ} = 280 \quad (\text{mm})$$

$$z_{C,r} = 200 - \frac{24}{2} = 188 \quad (\text{mm})$$

$$z = z_{TJ} + z_{C,r} = 280 + 188 = 468 \quad (\text{mm})$$

Si determina poi l'eccentricità di calcolo assumendo positivo il momento agente in senso orario e negativa la forza normale se di compressione:

$$e = \frac{M_{Sd}}{N_{Sd}} = \frac{400000}{-500} = -800 < -z_{C,r} = -188 \quad (\text{mm})$$

Argomento	Giunto di base secondo prEN 1993 – 1 – 8		
Redattore	Dott. Ing. Simone Caffè		
Riferimento	Eurocodice 3		
Scheda	1	Pagina	9 di 8

Secondo le prescrizioni del prospetto seguente il momento resistente del giunto risulta:

Loading	Lever arm z	Design moment resistance $M_{j,Rd}$	
Left side in tension Right side in compression	$z = z_{T,l} + z_{C,r}$	$N_{Ed} > 0$ and $e > z_{T,l}$	$N_{Ed} \leq 0$ and $e \leq -z_{C,r}$
		The smaller of $\frac{F_{T,l,Rd} z}{z_{C,r}/e + 1}$ and $\frac{-F_{C,r,Rd} z}{z_{T,l}/e - 1}$	
Left side in tension Right side in tension	$z = z_{T,l} + z_{T,r}$	$N_{Ed} > 0$ and $0 < e < z_{T,l}$	$N_{Ed} > 0$ and $-z_{T,r} < e \leq 0$
		The smaller of $\frac{F_{T,l,Rd} z}{z_{T,r}/e + 1}$ and $\frac{F_{T,r,Rd} z}{z_{T,l}/e - 1}$	
Left side in compression Right side in tension	$z = z_{C,l} + z_{T,r}$	$N_{Ed} > 0$ and $e \leq -z_{T,r}$	$N_{Ed} \leq 0$ and $e > z_{C,l}$
		The smaller of $\frac{-F_{C,l,Rd} z}{z_{T,r}/e + 1}$ and $\frac{F_{T,r,Rd} z}{z_{C,l}/e - 1}$	
Left side in compression Right side in compression	$z = z_{C,l} + z_{C,r}$	$N_{Ed} \leq 0$ and $0 < e < z_{C,l}$	$N_{Ed} \leq 0$ and $-z_{C,r} < e \leq 0$
		The smaller of $\frac{-F_{C,l,Rd} z}{z_{C,r}/e + 1}$ and $\frac{-F_{C,r,Rd} z}{z_{C,l}/e - 1}$	

$M_{Ed} > 0$ is clockwise, $N_{Ed} > 0$ is tension

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{M_{Rd}}{N_{Rd}}$$

$$M_{j,Rd} = \min \left[\frac{F_{T,l,Rd} \cdot z}{\frac{z_{C,r}}{e} + 1} \quad \frac{-F_{C,l,Rd} \cdot z}{\frac{z_{T,l}}{e} - 1} \right]$$

$$M_{j,Rd} = \min \left[\frac{641.25 \cdot 468}{\left(\frac{188}{-800} + 1\right) \cdot 1000} \quad \frac{-1064 \cdot 468}{\left(\frac{280}{-800} - 1\right) \cdot 1000} \right] = [392.29 \quad 368.85] = 368.85 < M_{sd} = 400 \quad (\text{kNm})$$

La verifica non è soddisfatta.