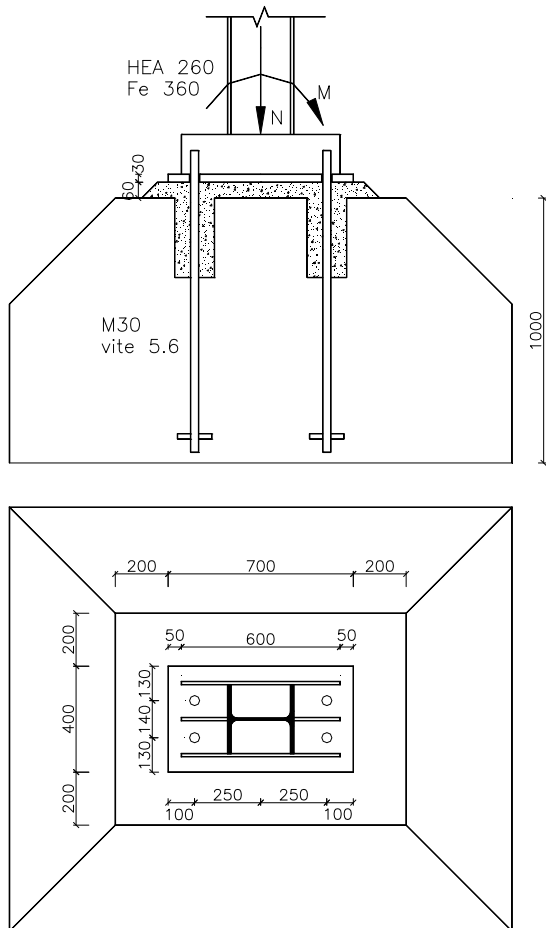


# PIASTRE DI BASE

(revisione 30-11-2008)

## Caratteristiche geometriche e meccaniche



|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| base                    | $b = 400 \text{ mm}$      |
| altezza                 | $H = 700 \text{ mm}$      |
| spessore                | $t = 30 \text{ mm}$       |
| distanza ferro da bordo | $h' = 100$                |
| bulloni tesi 2 M 30     | $A_S = 1162 \text{ mm}^2$ |
| spessore malta          | $s = 60 \text{ mm}$       |
| Colonna HEA 260         | Fe360                     |
| Viti M30                | classe 5.6                |
| calcestruzzo C20/25     |                           |

Fig. 1

## Sollecitazioni in esercizio

| Cond. di carico | N [kN] | M [kNm] |
|-----------------|--------|---------|
| $N_{\max}$      | 200    | 80      |
| $N_{\min}$      | 30     | 40      |
| $M_{\max}$      | 90     | -90     |

## Verifica col metodo n (tensioni ammissibili)

Si verifica come una sezione rettangolare in c.a. col metodo n, prendendo in considerazione le diverse condizioni di carico

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| base                             | $b = 400 \text{ mm}$  |
| altezza                          | $H = 700 \text{ mm}$  |
| distanza ferro da bordo          | $h' = 100$  |
| area ferro teso 2 M 30           | $A_s = 2 \cdot 582 = 1162 \text{ mm}^2$ (sezione filettata) |
| coefficiente di omogeneizzazione | $n = 15$  |

| Cond. di carico | N [kN] | M [kNm] | y [mm] | $\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-----------------|--------|---------|--------|---------------------------------|---------------------------------|
| $N_{\max}$      | 200    | 80      | 319    | 4.1                             | 54.5                            |
| $N_{\min}$      | 30     | 40      | 222    | 2.0                             | 51.9                            |
| $M_{\max}$      | 90     | -90     | 234    | 4.6                             | 108.0                           |

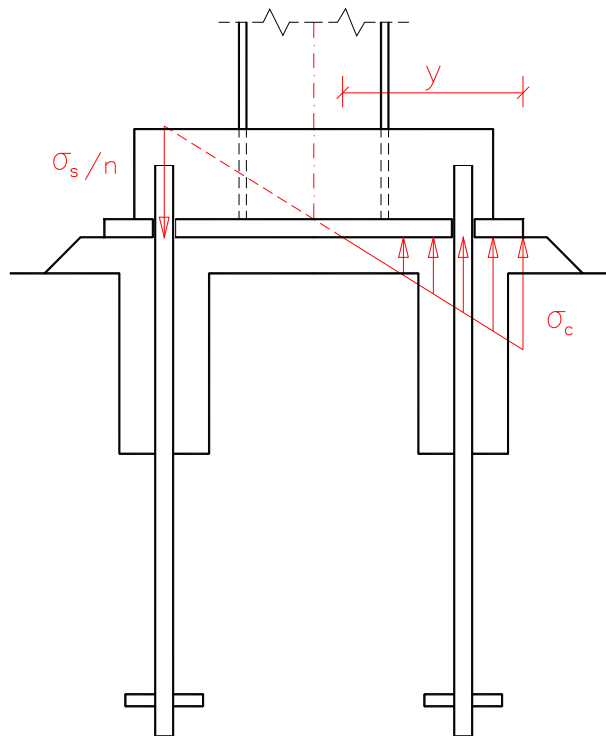


Fig. 2

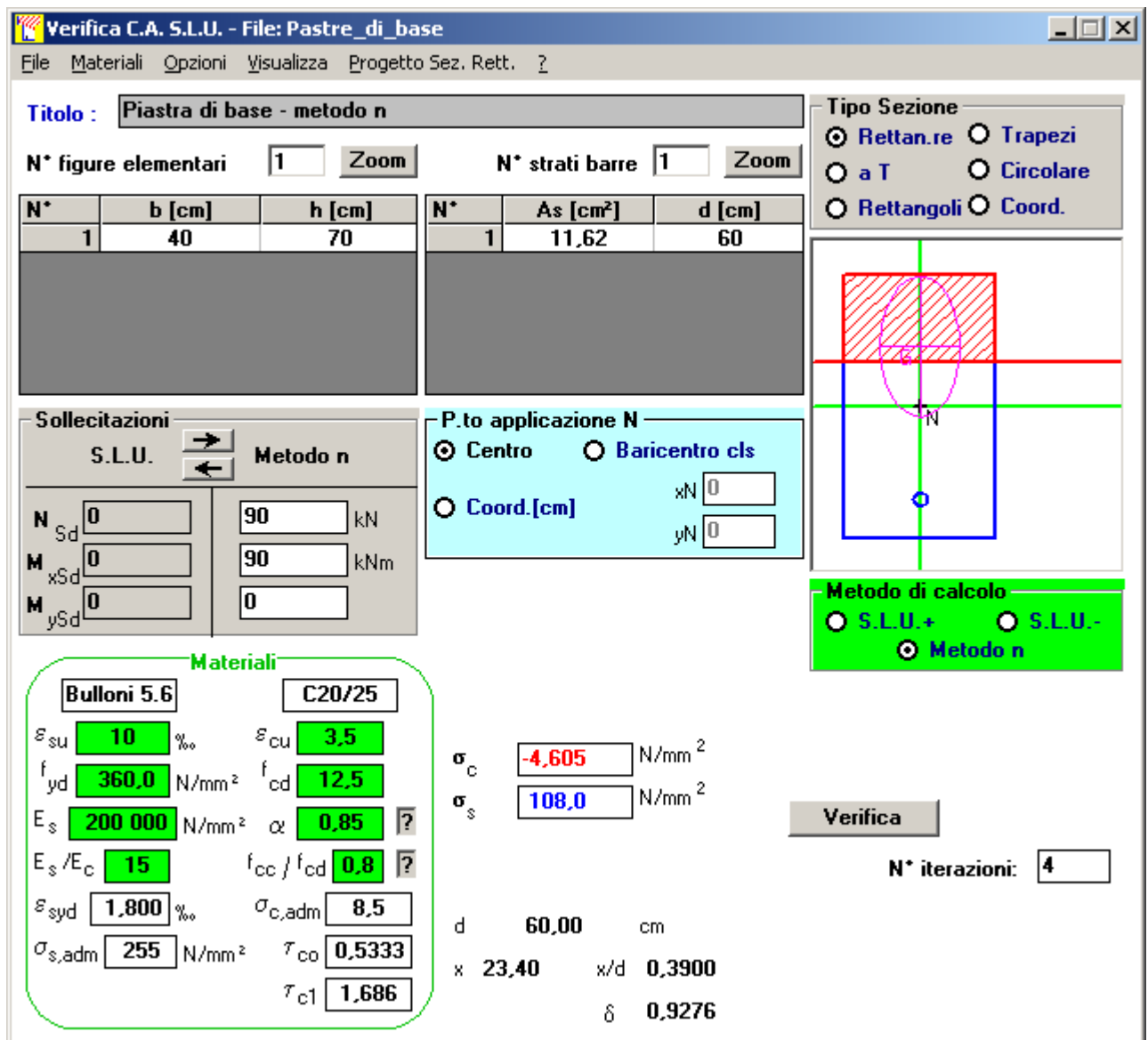


Fig. 3 - Verifica con il programma VcaSlu – Metodo n

Verifica degli irrigidimenti e dello spessore della piastra lato tirafondi

Gli irrigidimenti formano con la piastra una sezione equivalente a una T (Fig. 4). Questa sezione, all'incastro con l'ala della colonna, è soggetta alle seguenti sollecitazioni per effetto delle  $\sigma_c$ :

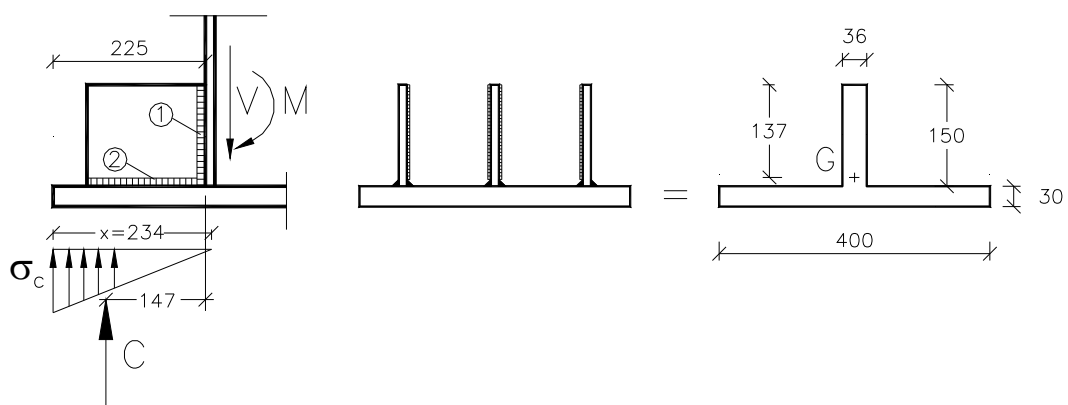


Fig. 4 – Verifica irrigidimenti

$$C \cong 0,5 \cdot \sigma_c \cdot x \cdot b = 0,5 \cdot 4,6 \cdot 234 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 215,3 \text{ kN} \quad (\text{risultante delle } \sigma_c)$$

$$M = C \cdot 0,147 = 31,6 \text{ kNm}$$

$$V = C = 215,3 \text{ kN}$$

$$I = 4,12 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad W_{el} = I/137 = 3,01 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_s = M / W_{el} = 105 \text{ MPa} < \sigma_{s,adm} = 155 \text{ MPa}$$

Le saldature 1 vanno progettate per la forza di taglio V. Le saldature 2 vanno progettate per la forza di scorrimento.

Lo schema statico per la verifica dello spessore della piastra di base lato tirafondi è illustrato in Fig. 13.

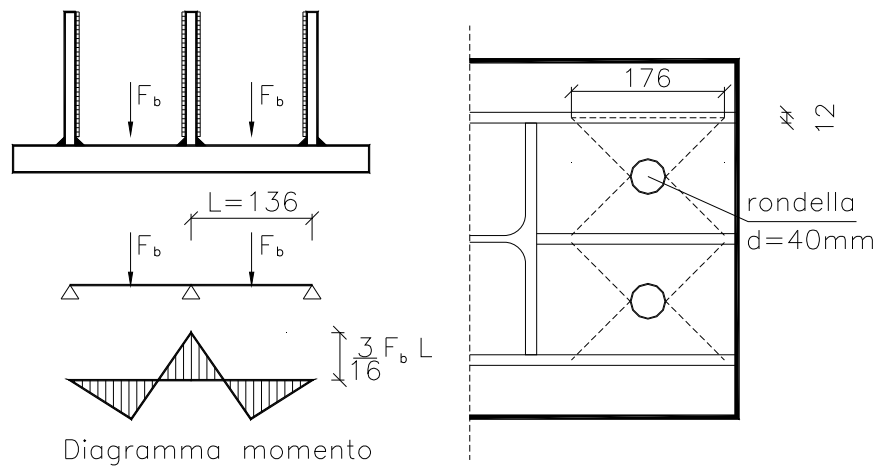


Fig. 5 – Verifica flangia

$$F_b = 108 \cdot 581 \cdot 10^{-3} = 62,7 \text{ kN} \quad (\text{tiro del bullone})$$

$$M_{\max} = 3/16 \cdot F_b \cdot L = 3/16 \cdot 62,7 \cdot 0,136 = 1,60 \text{ kNm}$$

Lo sforzo nella piastra risulta:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{el}} = 60,6 \text{ MPa} < \sigma_{s,adm}$$

$$\text{con } W_{el} = 1/6 \cdot 30^2 \cdot 176 = 26400 \text{ mm}^3$$

Il calcolo è a favore di sicurezza avendo trascurato il comportamento a piastra vincolata su tre lati.

## Verifica secondo EC3

L'Eurocodice 3 Parte 1-8 "Progettazione dei collegamenti", affronta il problema al §6.2.8 "Resistenza di progetto delle basi delle colonne con piatti di base", con riferimento anche al §6.2.5 "Elementi a T equivalenti in compressione".

L'area efficace in compressione è rappresentata in Fig. 6, nella quale il valore dello sbalzo  $c$  si ottiene dalla resistenza a flessione della flangia soggetta alle pressioni del calcestruzzo uniformemente distribuite  $f_{jd}$  (resistenza di contatto del giunto).

Dalla verifica a flessione della flangia si ha:

$$m_{Ed} = \frac{f_{jd} c^2}{2} \leq m_{Rd} = f_{yd} W_{el} = f_{yd} \frac{1 \cdot t^2}{6} \rightarrow c \leq t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} \quad (\text{Si noti che non si usa il } W_{pl}.)$$

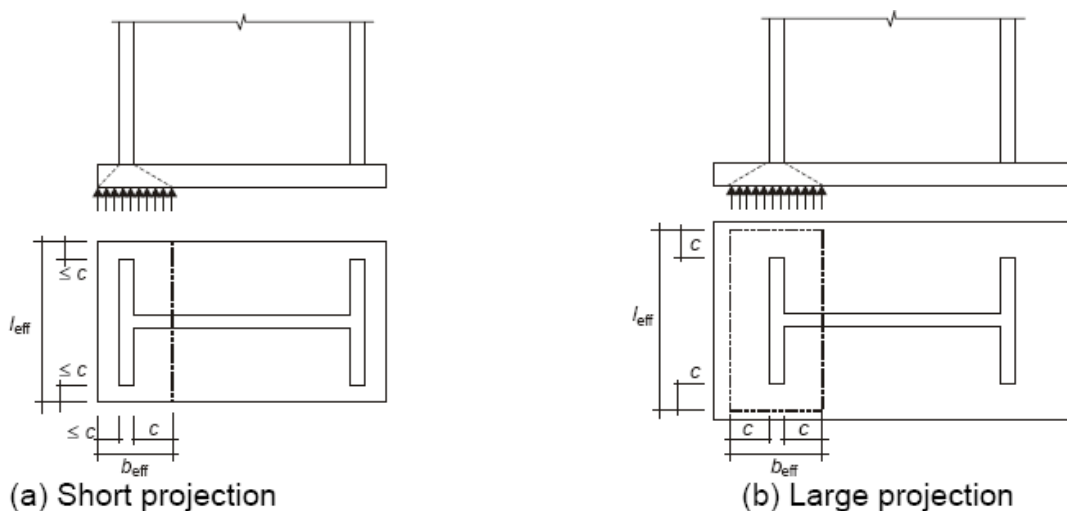


Fig. 6 - Area efficace in compressione

Il valore  $f_{jd}$  della resistenza di contatto del giunto può essere assunto pari alla resistenza di progetto  $f_{cd}$  del calcestruzzo, incrementata per tener conto che si tratta di una pressione localizzata. Secondo l'Eurocodice 2 §6.7 "Pressioni localizzate" si può assumere una resistenza a compressione ultima:

$$f_{Rdu} = f_{cd} \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} \leq 3,0 \cdot f_{cd}$$

nella quale  $A_{c0}$  è l'area caricata e  $A_{c1}$  è l'area che si ottiene per diffusione nella direzione A della forza con angolo di  $27^\circ$  (Fig. 7). Se lo spessore  $h$  del plinto non è sufficiente, l'area  $A_{c1}$  deve essere troncata.

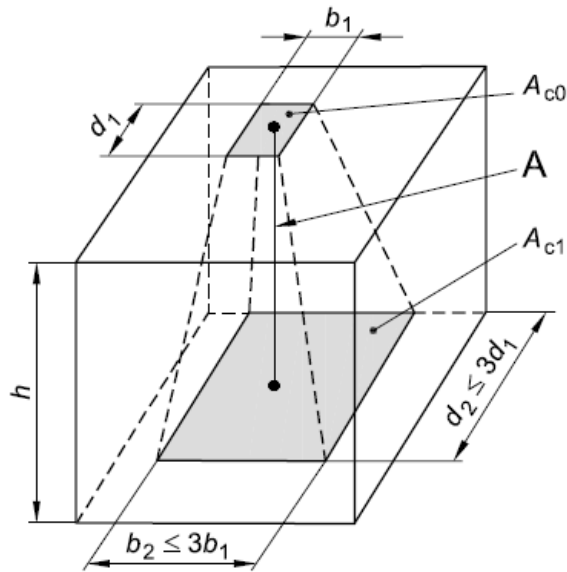


Fig. 7 – Diffusione della pressione localizzata.

Tenendo conto della minor resistenza della malta di rinzafo si può assumere:

$$f_{jd} = \beta_j f_{Rdu} = \beta_j f_{Rdu} \quad \text{con} \quad \beta_j = 2/3$$

Nel caso in esame con calcestruzzo C20/25 si ha:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 / 1,5 = 11,3 \text{ MPa}$$

$$f_{Rdu} = 3,0 \cdot f_{cd} = 34 \text{ MPa}$$

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot 34 = 22,7 \text{ MPa}$$

La larghezza c della zona di contatto addizionale (sbalzo massimo) vale:

$$c \leq t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 30 \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 22,7 \cdot 1,05}} = 54 \text{ mm}$$

**Riprogettiamo la piastra di base eliminando le costole di irrigidimento.**

Consideriamo come sbalzo “efficace” lo sbalzo massimo  $c=54$  mm compatibile con lo spessore  $t=30$  mm della piastra. Le dimensioni “efficaci” della piastra sono quindi quelle di Fig. 8.

Adottiamo tre tirafondi per diffondere meglio il tiro nella piastra (diffusione a  $45^\circ$  come in figura 8). La distanza dei tirafondi dall’HEA è di 50mm, compatibile con le tolleranze per alloggiare i bulloni.

Considerando la condizione di  $M_{max}$  in cui le sollecitazioni di esercizio sono:

$$N_{es}=90 \text{ kN} \quad M_{es}=90 \text{ kN m}$$

e ipotizzando un coefficiente di sicurezza parziale sui carichi pari a 1.5, le sollecitazioni di progetto valgono:

$$N_{Ed}=135 \text{ kN} \quad M_{Ed}=135 \text{ kN}$$

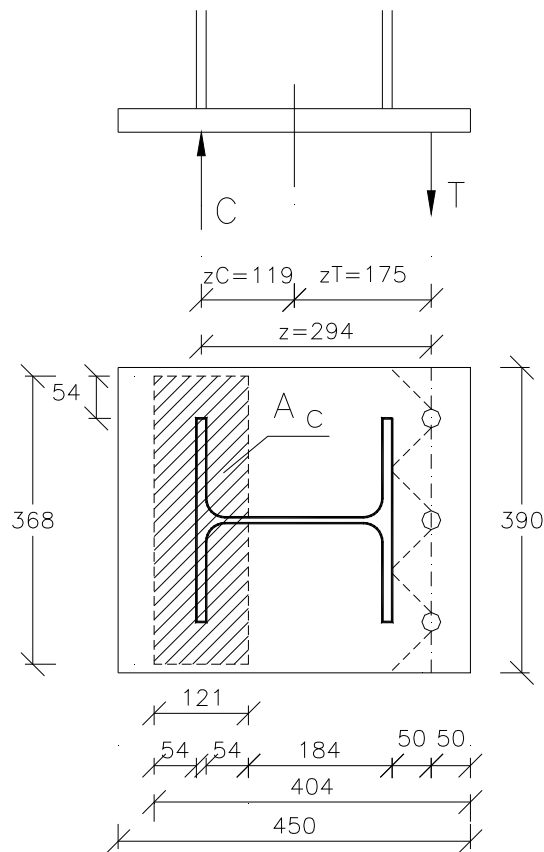


Fig. 8 - Dimensioni "efficaci" della piastra.

I tre bulloni M27 di classe 5.6 hanno resistenza:

$$F_{t,Rd} = 3 \cdot \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = 3 \cdot \frac{0.9 \cdot 500 \cdot 459}{1.25} 10^{-3} = 496 \text{ kN}$$

La resistenza della zona compressa è:

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot A_c = 22.7 \cdot 121 \cdot 368 \cdot 10^{-3} = 1011 \text{ kN}$$

Per l'equilibrio alla traslazione deve essere:

$$C - T = N_{Ed}$$

Poiché  $F_{c,Rd} - F_{t,Rd} = 515 \text{ kN} > N_{Ed} = 135$ , governa la resistenza a trazione e la risultante C delle compressioni deve soddisfare l'equilibrio alla traslazione. Il momento resistente si calcola, rispetto al centro della sezione, con  $T = F_{t,Rd}$  e con  $C = T + N_{Ed} = 496 + 135 = 631$ :

$$M_{Rd} = T \cdot z_T + C \cdot z_C = 496 \cdot 0.175 + 631 \cdot 0.119 = 162 \text{ kNm} > M_{Ed}$$





$$N_f = 567 + 51 = 618 \text{ kN}$$

Essendo il materiale base Fe360, la saldatura ha una resistenza di progetto a taglio:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{360 / \sqrt{3}}{0,8 \cdot 1,25} = 208 \text{ MPa}$$

E' necessaria un'area della sezione di gola:

$$A_w = \frac{618000}{208} = 2971 \text{ mm}^2$$

Essendo lo sviluppo del cordone di saldatura di circa 460mm, l'altezza di gola deve essere almeno di 6.4mm, che si arrotonda a 7mm.

Si procede analogamente per la saldatura d'anima a cui sono affidate il taglio e la quota parte di azione assiale.

N.B. In zona sismica il collegamento deve essere a completo ripristino di resistenza e quindi le saldature sono normalmente a completa penetrazione.

### Trasmissione del taglio

L'azione tagliante può essere trasmessa dalla colonna alla fondazione in due modi:

- per resistenza a taglio dei tirafondi
- per attrito fra calcestruzzo e piastra.

Nel primo caso i tirafondi devono essere verificati come bulloni soggetti a trazione e taglio:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

Per semplicità conviene affidare il taglio ai soli 3 bulloni in zona compressa, che risultano assialmente scarichi. La trasmissione del taglio tramite i tirafondi si presta alle seguenti critiche:

- il gioco foro bullone, spesso assai maggiore dei classici 2 mm per problemi di posa in opera, implicherebbe inammissibili scorrimenti, a meno che non si garantisca l'intasamento del gioco con la malta di allettamento o si posino rondelloni senza gioco saldati in opera;
- i tirafondi sarebbero soggetti anche a flessione a causa della deformabilità del calcestruzzo.

E' quindi più affidabile affidare la trasmissione del taglio all'attrito o, nel caso di forti sollecitazioni taglianti e di modeste azioni assiali, come per esempio alla base dei controventi, mediante rostri che penetrano nel calcestruzzo (v. figura 10).

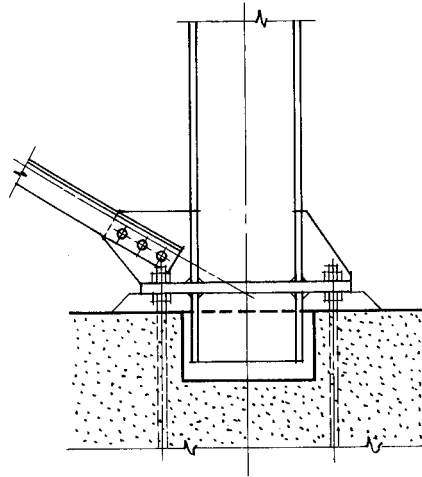


Fig. 10 - Rostri per la trasmissione del taglio

Per il calcolo della resistenza a taglio mobilitabile dall'attrito tra piastra e calcestruzzo, si può assumere il valore del coefficiente d'attrito  $\mu = 0,2$ . Dovrà quindi essere verificata la condizione:

$$|V| \leq 0,2 \cdot |N|$$

#### Ancoraggio dei tirafondi

L'ancoraggio con il blocco di fondazione in calcestruzzo può essere garantito:

- dall'aderenza fra barra e calcestruzzo, sagomando eventualmente i tirafondi ad uncino;
- con a testa a martello;
- con piastra di estremità che trasmette il tiro mediante compressione del calcestruzzo (Fig. 11).

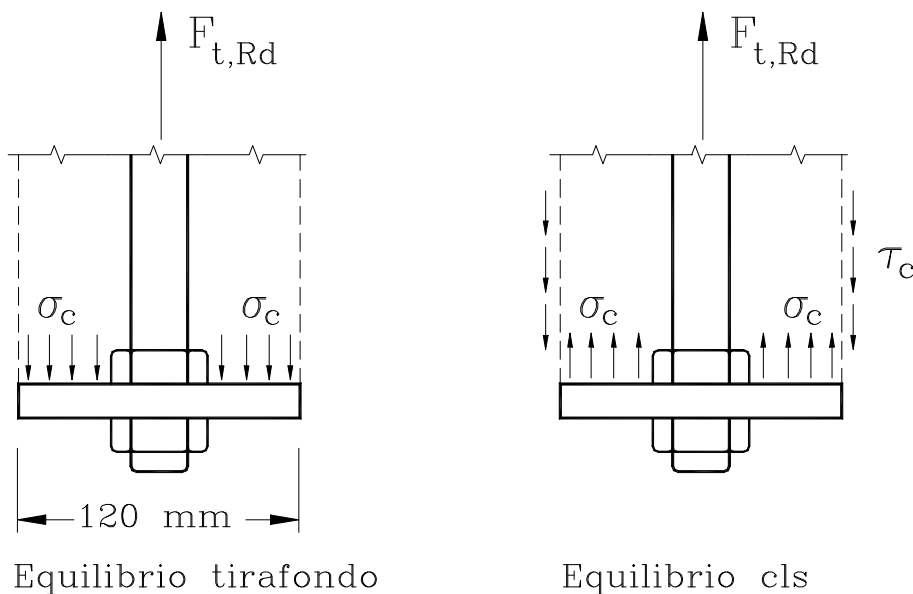


Fig. 11 – Piastra di ancoraggio

Adottiamo quest'ultima soluzione.

Resistenza a compressione del calcestruzzo:

$$A_c \cdot f_{Rdu} = 34 \cdot 10700 \cdot 10 = 364 \text{ kN} > F_{t,Rd} = 165 \text{ kN}$$

$$\text{con } A_c = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4 = \pi \cdot (120^2 - 27^2) / 4 = 10700 \text{ mm}^2$$

Lo spessore delle piastre dovrà garantire la resistenza a flessione. Si dovrà inoltre verificare che il cilindro di calcestruzzo soggetto all'azione del tirafondo non si "sfili" dal plinto, controllando il valore delle tensioni tangenziali  $\tau$  o, meglio, posando un'adeguata armatura.

Nel caso di tirafondi senza piastra, si dovrà garantire una sufficiente lunghezza di ancoraggio:

$$f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 2.32 \text{ N/mm}^2 \quad \text{tensione ultima di aderenza [NTC §4.1.2.1.1.4]}$$

$$f_{ctk,0,05} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 0.7 \cdot (0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}) = 1.54 \text{ N/mm}^2 \text{ res. a trazione caratteristica (frattile 5\%)}$$

$$f_{ctm} \quad \text{valore medio della resistenza a trazione}$$

La lunghezza di ancoraggio risulta:

$$l_b = \frac{F_{t,Rd}}{\pi \cdot \phi \cdot f_{bd}} = \frac{165000}{\pi \cdot 27 \cdot 2.32} = 838 \text{ mm}$$