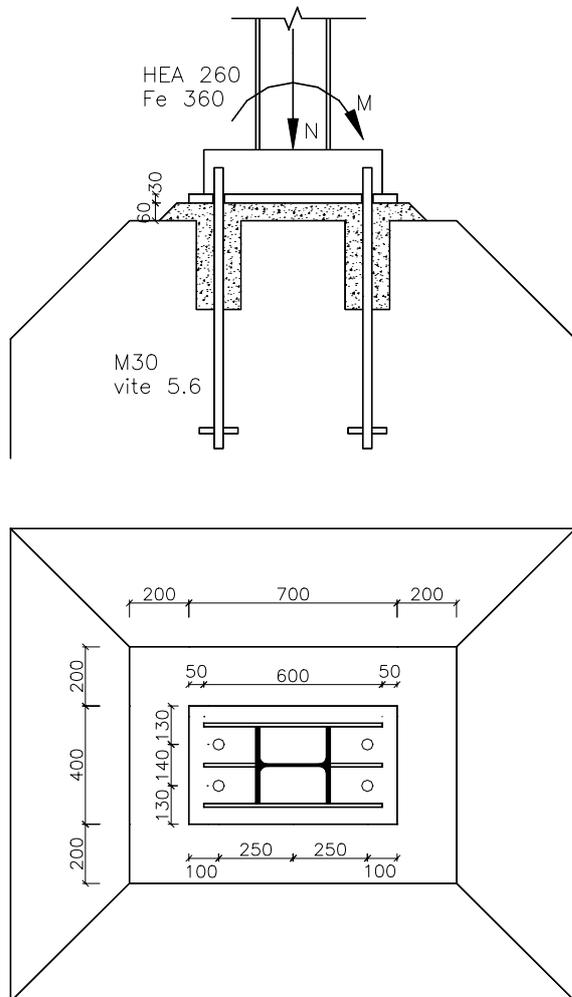


PIASTRE DI BASE

(revisione 8-12-2003)

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 mm
altezza	H = 700 mm
distanza ferro da bordo	h' = 100
area ferro teso 2 M 30	A _s = 1122 mm ²
coefficiente di omogeneizzazione	n = 15

Cond. di carico	N [kN]	M [kNm]	y [mm]	σ _c [N/mm ²]	σ _s [N/mm ²]
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

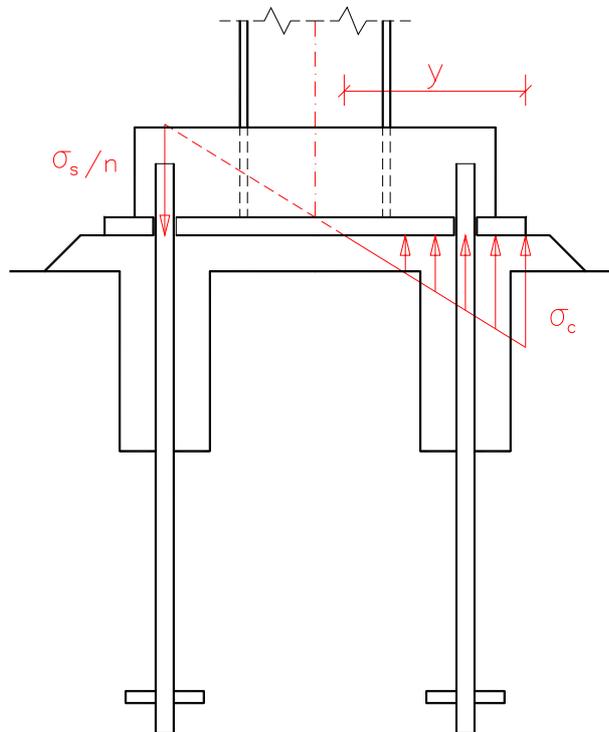


Fig. 2

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pastre_di_base

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo : Piastra di base - metodo n

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	40	70	1	11,62	60

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Sd} kN
M_{xSd} kNm
M_{ySd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN
yN

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

Bulloni 5.6 **C20/25**

ε_{su} ‰ ε_{cu}
 f_{yd} N/mm² f_{cd}
 E_s N/mm² α ?
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²

Verifica

N° iterazioni:

d cm
x x/d
 δ

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

Verifica secondo EC3 Appendice L

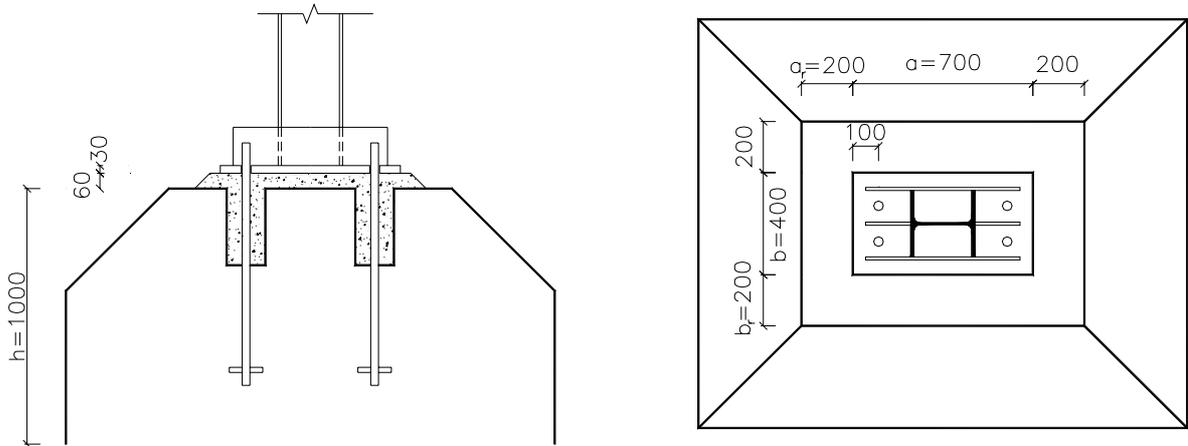


Fig. 4

Calcestruzzo

$$R_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck}=0.83 R_{ck}=20 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd}=f_{ck}/\gamma_c=20/1.6=12.5 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di contatto del giunto

$$f_j = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd} = \frac{2}{3} \cdot 1.77 \cdot 12.5 \approx 15 \text{ N/mm}^2$$

dove:

$\beta_j = 2/3$ coeff. di giunto per malta con resistenza $>0.2 f_{ck}$ e spessore della malta non maggiore di 0.2 la dimensione minima della piastra di acciaio ($s=60 < 0.2 \cdot 400=80\text{mm}$).

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1100 \cdot 800}{700 \cdot 400}} = 1.77 \quad \text{coeff. di concentrazione}$$

essendo a e b le dimensioni della piastra di base

a_1 e b_1 le dimensioni dell'area efficace.

essendo

$$a_1 = \min \begin{cases} a + 2a_r = 700 + 2 \cdot 200 = 1100\text{mm} \\ 5a = 5 \cdot 700 = 3500\text{mm} \\ a + h = 700 + 1000 = 1700\text{mm} \\ 5b_1 = 5 \cdot 800 = 4000\text{mm} \end{cases} \quad b_1 = \min \begin{cases} b + 2b_r = 400 + 2 \cdot 200 = 800\text{mm} \\ 5b = 5 \cdot 400 = 2000\text{mm} \\ b + h = 400 + 1000 = 1400\text{mm} \\ 5a_1 = 5 \cdot 1100 = 5500\text{mm} \end{cases}$$

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

$$c \leq t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = 30 \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 15 \cdot 1.1}} = 65 \text{ mm} \quad [\text{EC3 L.1 (3)}]$$

Questa formula deriva dalla verifica a flessione delle sbalzo c della flangia:

- momento sollecitante e resistente per unità di larghezza:

$$m_{Sd} = f_j c^2 / 2 \leq m_{Rd} = f_{yd} W_{el}$$

Si noti che non si usa il W_{pl} .

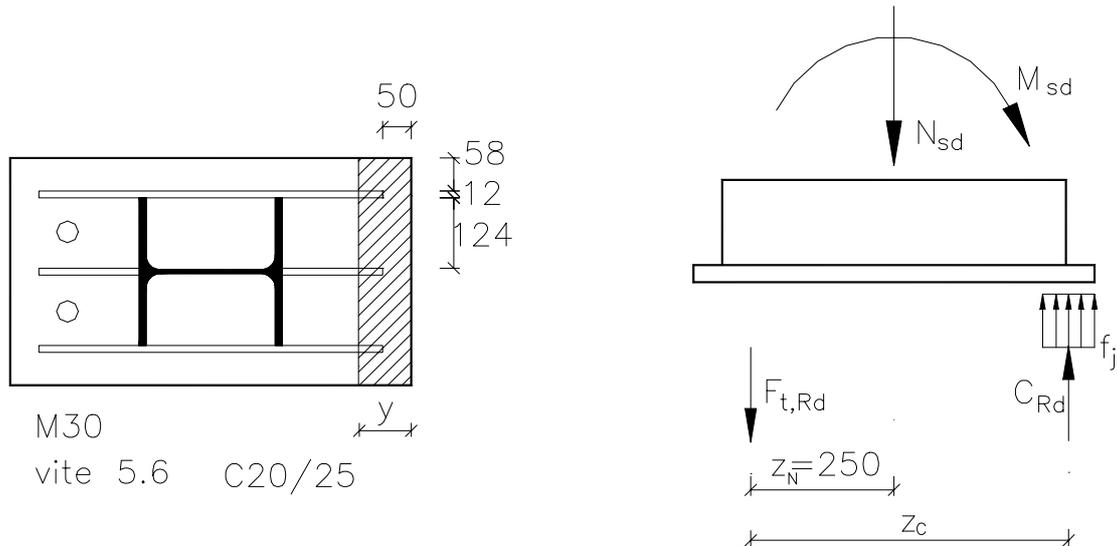


Fig. 5

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:

$$N_{sd} = 135 \text{ kN} \quad M_{sd} = 135 \text{ kN m}$$

I due bulloni M30 di classe 5.6 hanno resistenza:

$$F_{t,Rd} = 2 \cdot \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = 2 \cdot \frac{0.9 \cdot 500 \cdot 581}{1.25} = 418 \text{ kN}$$

Per l'equilibrio alla traslazione la risultante C_{Rd} delle compressioni deve essere:

$$C_{Rd} = N_{sd} + F_{t,Rd} = 135 + 418 = 553 \text{ kN}$$

Tale risultante è equilibrata dagli sforzi f_j su un'altezza pari a:

$$y = \frac{C_{Rd}}{b \cdot f_{jd}} = \frac{553000}{400 \cdot 0.85 \cdot 15} = 108 \text{ mm}$$

Si noti che si è applicato a f_j il coefficiente $\alpha=0.85$, indicato sia dall'Eurocodice [EC2 §4.2.1.3.3 (11)] che dalla normativa italiana [DM 9/1/96 4.2.1.3] per i carichi di lunga durata.

Dall'equilibrio alla rotazione (ad esempio intorno al baricentro dei tirafondi) si ricava il momento resistente:

$$M_{Rd} = C_{Rd} \cdot z_C - N_{Sd} \cdot z_N = 553 \cdot 0.546 - 135 \cdot 0.25 = 268 \cdot kNm > M_{Sd} = 135 kNm$$

con $z_C=600-y/2=546$ mm

La piastra di base è sovradimensionata (si osservi il dominio M-N riportato in seguito).

Si può calcolare il momento resistente anche con il programma VCASLU. Il programma fornisce anche il dominio di interazione M-N.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pastre_di_base-SLU

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. ?

Titolo : Piastra di base - SLU

N* figure elementari Zoom N* strati barre Zoom

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm²]	d [cm]
1	40	70	1	11,62	60

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Sd} kN
 M_{xSd} kNm
 M_{ySd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 Bulloni 5.6
 ε_{su} ‰ ε_{cu}
 f_{yd} N/mm² f_{cd}
 E_s N/mm² α ?
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

N* rett.
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello
 Precompresso
 Predeformazione acciaio ‰

Fig. 6 - Calcolo di M_{Rd} con il programma VCASLU

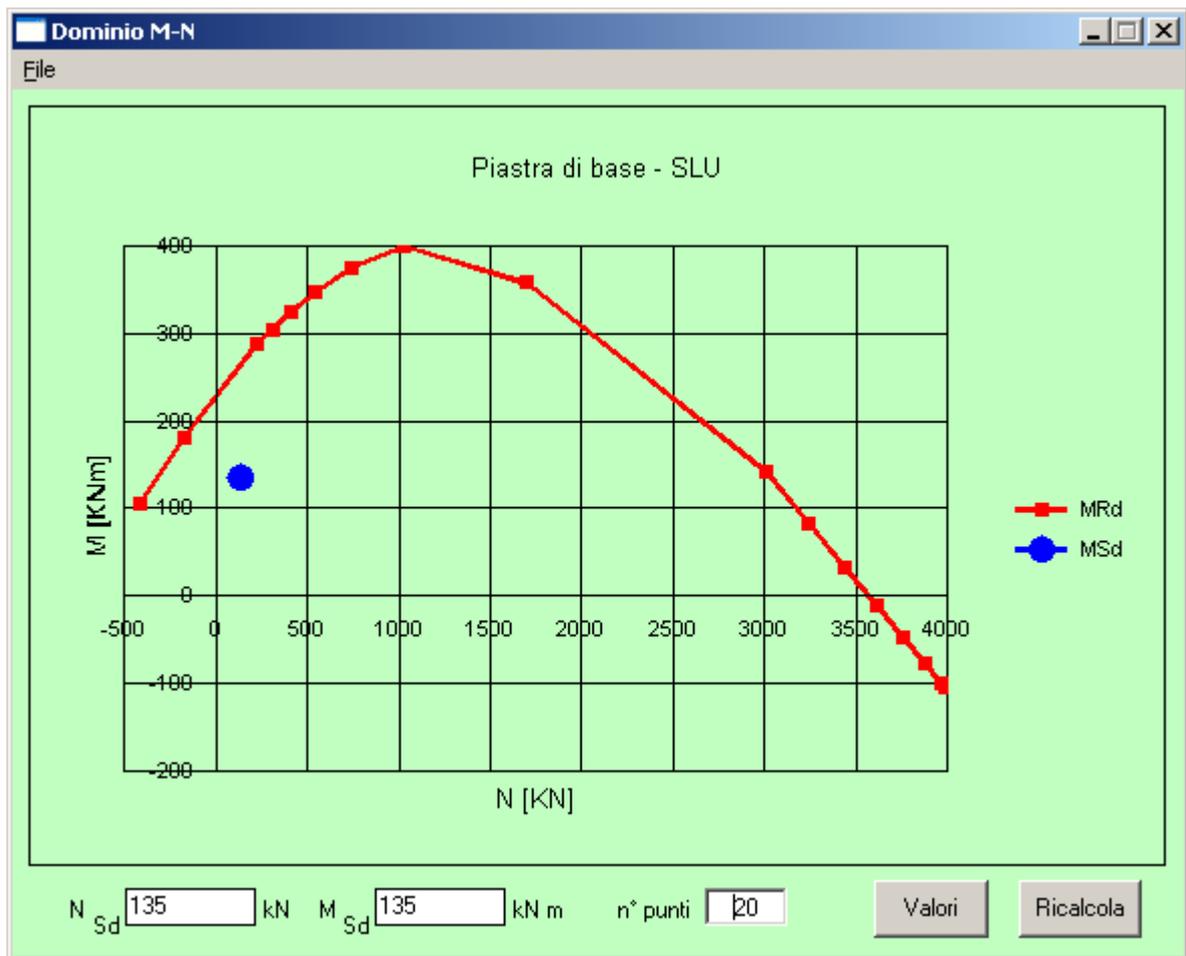


Fig. 7 - Dominio di interazione M-N

Riprogettiamo la piastra di base eliminando le costole di irrigidimento.

Consideriamo come sbalzo “efficace” lo sbalzo massimo $c=65$ 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° come in figura). La distanza dei tirafondi dall’HEA è di 50mm, compatibile con le tolleranze per alloggiare i bulloni.

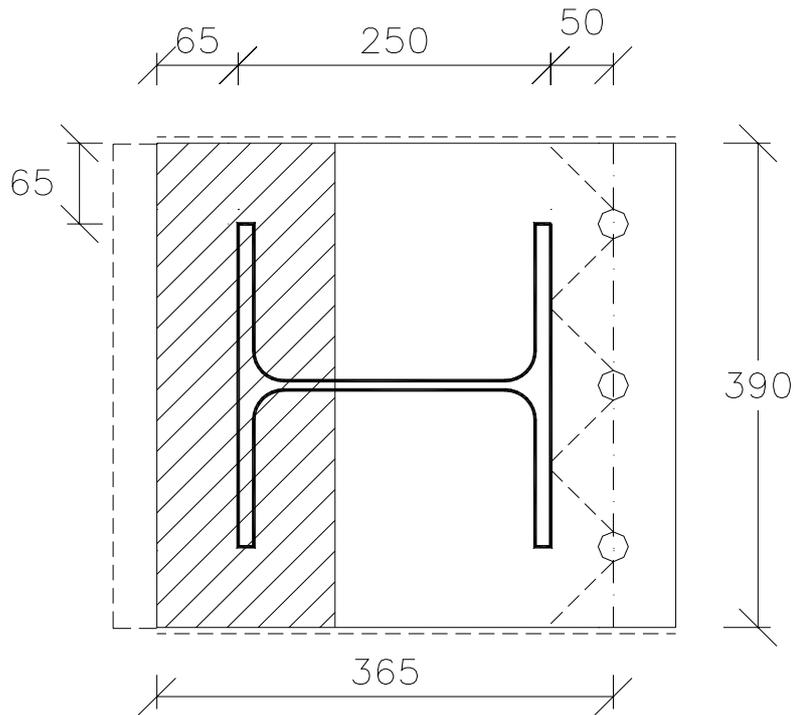


Fig. 8 - Dimensioni "efficaci" della piastra.

Per tentativi, con un programma di verifica, si trova che è necessaria un'area complessiva dei tirafondi di 1000mm^2 , a cui corrispondono 3 bulloni M24 ($A_{\text{res}}=353\text{mm}^2$).

Verifica a flessione della piastra

La piastra è automaticamente verificata per quanto riguarda il momento flettente indotto dalle pressioni del cls, avendo limitato la larghezza c efficace. Per quanto riguarda il momento indotto dai tirafondi si ha:

- resistenza a trazione dei 3 tirafondi [EC3 §6.5.5]:

$$f_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub}}{\gamma_{Mb}} = \frac{0.9 \cdot 500}{1.25} = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{t,Rd} = 3 \cdot f_{t,Rd} \cdot A_s = 3 \cdot 360 \cdot 353 = 381 \text{ kN}$$

- momento sollecitante:

$$M_{Sd} = F_{t,Rd} \cdot d = 381 \cdot 0.050 = 19 \text{ kNm}$$

- momento resistente:

$$M_{Rd} = \frac{f_y \cdot W_{el}}{\gamma_{M0}} = \frac{235 \cdot 58.5 \cdot 10^3}{1.1} = 12.5 \text{ kNm} < M_{Sd} \quad [\text{EC4 L.1}]$$

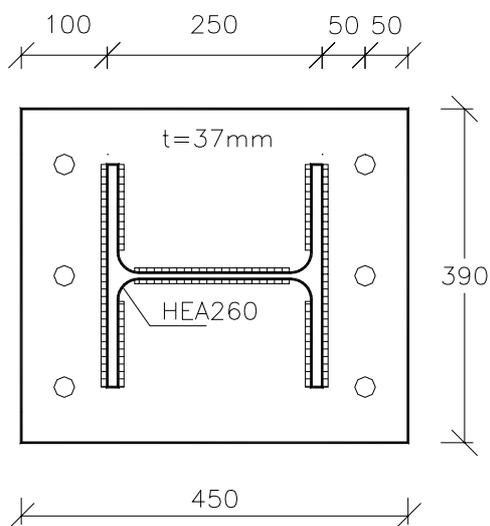
$$\text{con } W_{el} = 390 \cdot \frac{30^2}{6} = 58.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

E' necessario aumentare lo spessore della piastra

$$t=37 \text{ mm} \Rightarrow M_{Rd}=19 \text{ kNm}$$

La piastra deve sporgere dall'asse tirafondi di almeno $1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 26 = 31 \text{ mm}$ [EC3 §6.5.1], che arrotondiamo a 50.

Progetto delle saldature



Le saldature delle ali devono trasferire alla piastra le risultanti degli sforzi nelle ali.

Le saldature più sollecitate sono quelle dell'ala compressa.

Possiamo ipotizzare che le ali portino il momento, che l'anima porti il taglio, e che l'azione assiale si distribuisca uniformemente sulla sezione.

Fig. 9

Calcolo della risultante N_f delle compressioni nell'ala compressa:

$$M_{Sd}=135 \text{ kNm} \quad N_f^M = 135 / 0.238 = 567 \text{ kN} \quad (\text{con } 0.238\text{m} \text{ braccio della coppia interna})$$

$$N_{Sd}=135 \text{ kN} \quad A=8680\text{mm}^2 \quad (\text{area HEA260}) \quad A_f=3250\text{mm}^2 \quad (\text{area di un'ala})$$

$$\sigma = N_{Sd} / A = 15.5 \text{ N / mm}^2$$

$$N_f^N = \sigma \cdot A_f = 15.5 \cdot 260 \cdot 12.5 = 51 \text{ kN}$$

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

Essendo il materiale base Fe360, la saldatura ha una resistenza di progetto a taglio (EC3 §6.6.5.3)

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{360 / \sqrt{3}}{0.8 \cdot 1.25} = 208 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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.

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:

$$\frac{F_{v.Sd}}{F_{v.Rd}} + \frac{F_{t.Sd}}{1.4 \cdot F_{t.Rd}} \leq 1$$

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;
- 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 taglienti e di modeste azioni assiali, come per esempio alla base dei controventi, mediante rostri che penetrano nel calcestruzzo (v. figura).

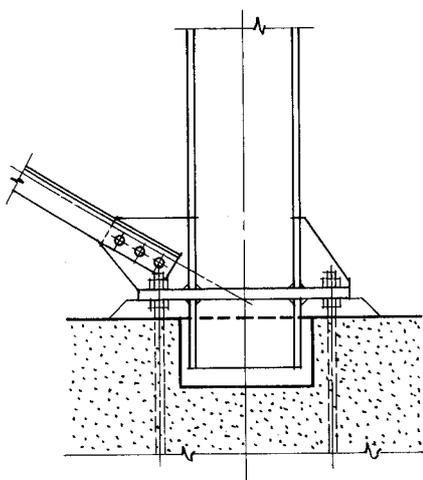


Fig. 10 - Rostri per la trasmissione del taglio

Per il calcolo della resistenza a taglio mobilabile dall'attrito tra piastra e calcestruzzo, si può assumere il valore del coefficiente d'attrito $\mu = 0,4$ indicato dalle norme francesi. Dovrà quindi essere verificata la condizione:

$$|V| \leq 0.4 \cdot |N|$$

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).

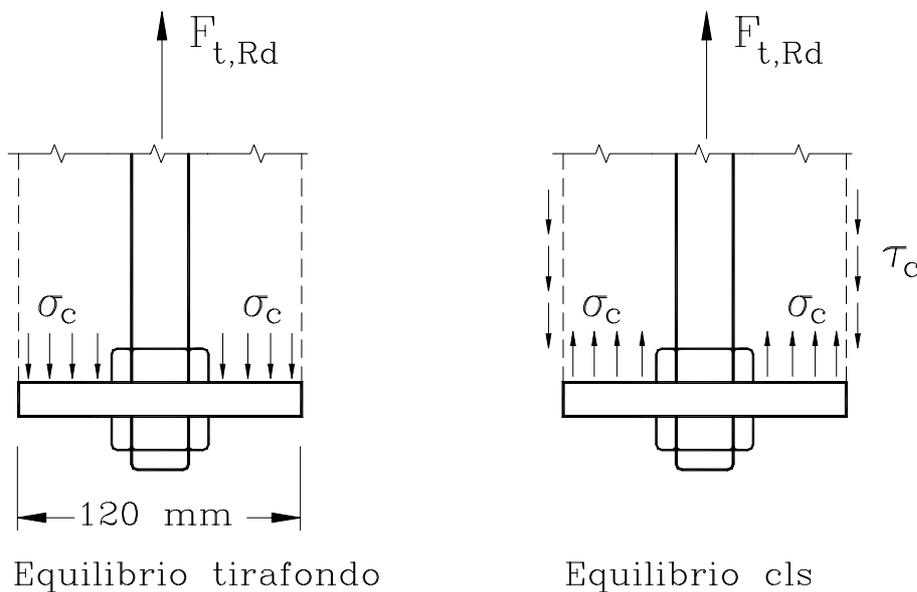


Fig. 11 – Piastra di ancoraggio

Adottiamo quest'ultima soluzione.

Resistenza a compressione del calcestruzzo:

$$A_c \cdot f_{cd} = 212 \text{ kN} \geq F_{t,Rd} = 209 \text{ kN}$$

$$\text{con } A_c = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4 = \pi \cdot (120^2 - 30^2) / 4 = 16950 \text{ mm}^2$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 12.5 \text{ N/mm}^2$$

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 τ .

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

$$f_{bd} = 2.25 \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 2.32 \text{ N/mm}^2 \quad \text{tensione ultima di aderenza [EC2 prospetto 5.3]}$$

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

f_{ctm} valore medio della resistenza a trazione

La lunghezza di ancoraggio risulta [EC2 §5.2.2.3]

$$l_b = \frac{\phi \cdot f_{t,Rd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{24 \cdot 360}{4 \cdot 2.32} = 930 \text{ mm}$$

$$\text{essendo } f_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub}}{\gamma_{Mb}} = \frac{0.9 \cdot 500}{1.25} = 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Verifica degli irrigidimenti e dello spessore della piastra lato tirafondi

Nel caso della soluzione con irrigidimenti, si deve verificare la sezione a T di Fig. 12.

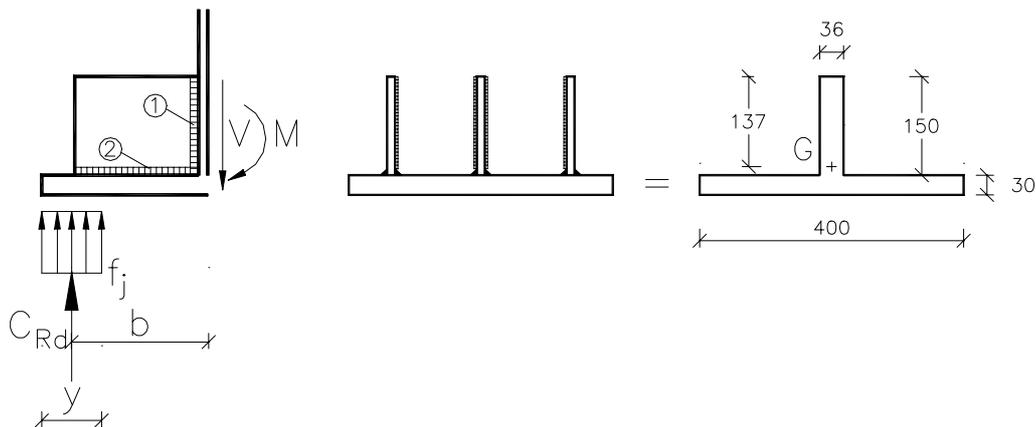


Fig. 13

$$M_{Sd} = C_{Rd} \cdot b = 553 \cdot 0.171 = 94.5 \text{ kNm} \quad \text{con } b = 225 - 108/2$$

$$V_{Sd} = C_{Rd} = 553 \text{ kN}$$

$$I = 4.12 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad W_{el} = I/137 = 3.01 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = W_{el} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 64.3 \text{ kNm} < M_{Sd}$$

Lo spessore delle costole di irrigidimento è insufficiente e va elevato a 20 mm.

Le saldature 1 vanno progettate a completo ripristino. 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.

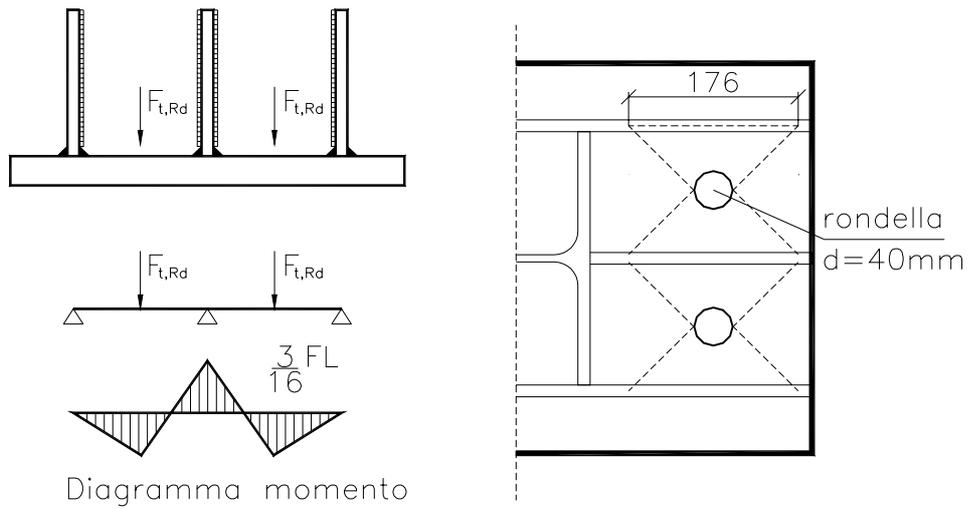


Fig. 12

$$M_{\max} = 3/16 \cdot F_{t,Rd} \cdot L = 3/16 \cdot 209 \cdot 0.136 = 5.33 \text{ kNm}$$

Lo sforzo nella piastra risulta:

$$\sigma = \frac{M}{W_{el}} = 202 \text{ N/mm}^2 < \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1.1} = 213 \text{ N/mm}^2$$

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

Il calcolo è a favore di sicurezza avendo trascurato il comportamento a piastra vincolata su tre lati. Le costole di irrigidimento devono essere più lunghe rispetto a quelle illustrate in Fig. 1 per garantire la diffusione a 45° del tiro dei tirafondi.