TEC s.r.l.

Via due abeti, 33 - 44122 – Ferrara
Tel. 0532 51683 - Fax. 0532 52301
www.tec.fe.it email:ctrevisani@tec.fe.it

RegioneEmilia-Romagna

Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile

Servizio Area Reno e Po di Volano - Ferrara

Sistemazione dell'impianto di scarico a Po – Conca di Pontelagoscuro

Dispositivo di bloccaggio della paratoia in posizione aperta

RELAZIONE DI CALCOLO DEL GRUPPO DI AGGANCIO

C.F. e P.IVA 01338980384 CCIAA 149213 Trib. Di Ferrara 88334

Ferrara terra e acqua

1. CARATTERISTICHE TECNICHE

- Peso della paratoia — 40 ton
- Numero di blocchi di aggancio — 4
- Forza agente su ogni blocco — 10 tons
- Sollecitazioni ammissibili (in conformità a DIN 19704) — 0.66 Rs

2. materialE e sollecitazioni ammissibili

- Acciaio strutturale — S 355 J0 UNI EN 10025
- Sollecitazione minima di rottura — 510 N/mm²
- Sollecitazione minima di snervamento — 355 N/mm²
- Sollecitazione ammissibile a flessione — 236 N/mm²
- Sollecitazione ammissibile a taglio — 136 N/mm²

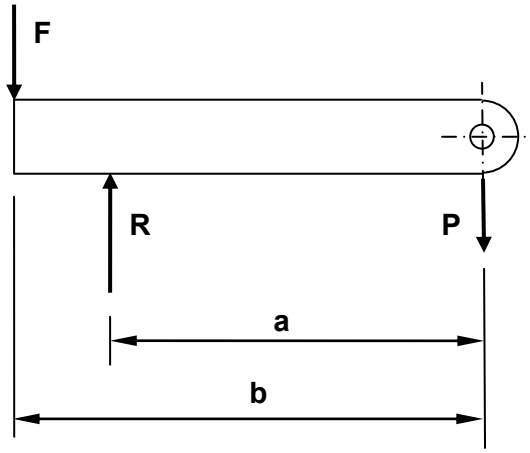
3. verifica dei bracci rotanti di supporto

Durante la rotazione per il posizionamento dei supporti, questi sono praticamente scarichi, la verifica viene quindi eseguita unicamente in posizione abbattuta quando agisce il peso della paratoia. Date le modeste velocità di abbassamento della paratoia, le azioni dinamiche sono molto modeste; si considera comunque un coefficiente di maggiorazione del carico per tenere conto sia delle azioni dinamiche che del possibile squilibrio delle reazioni dovuto al non perfetto centraggio del baricentro rispetto ai punti di appoggio.

- Coefficiente di maggiorazione del carico: $\varphi = 1.3$
- Carico agente su ogni supporto:

  $F = 10 \cdot \varphi = 13 \text{ ton} \approx 130 \text{ kN}$

Si considera il seguente schema di calcolo:



a = 204 mm

b = 305 mm

Risulta:

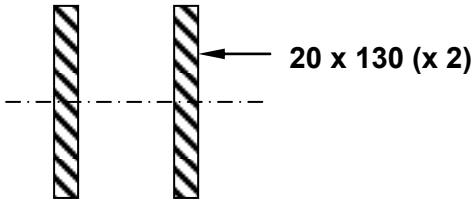
$R = F \cdot b / a = 195 \text{ kN}$

$P = R - F = 65 \text{ kN}$

Momento flettente massimo:

$M = P \cdot a = 13.26 \cdot 10^6$ Nmm

Sezione resistente:



$W = 112.6 \cdot 10^3$ mm^3

$A = 5200$ mm^2

Massima sollecitazione di flessione:

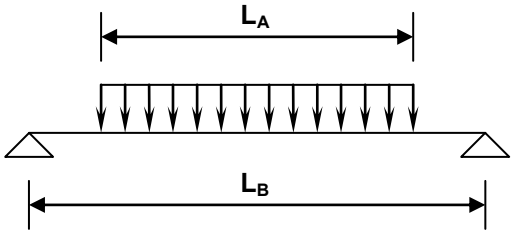
$\sigma = M / W = 117.8$ N/mm^2

Massima sollecitazione di taglio:

$\tau = 1.5 \cdot F / A = 37.5$ N/mm^2

4. verifica del perno di rotazione

Schema di calcolo:



$L_A = 100$ mm

$L_B = 130$ mm

Momento flettente massimo:

$M = P \cdot (2 \cdot L_B - L_A) / 8 = 1.3 \cdot 10^6$ Nmm

Caratteristiche geometriche del perno:

- Diametro: $d = 50$ mm
- Area: $A = 1963$ mm^2
- Modulo di resistenza a flessione: $W = 12271$ mm^3

Massima sollecitazione di flessione:

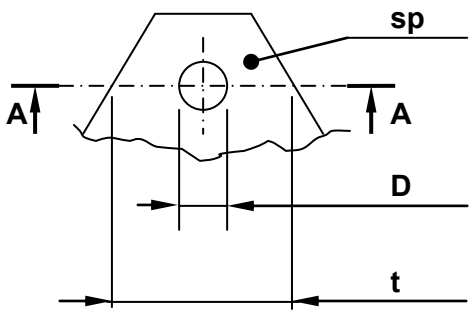
$\sigma = M / W = 105.9$ N/mm^2

Massima sollecitazione di taglio:

$\tau = (4 / 3) \cdot P / (2 \cdot A) = 22.1$ N/mm^2

5. verifica occhio centrale a trazione

Si verifica la sez. A-A rappresentata nella figura seguente:



t = 159 mm

D = 82.5 mm

spessore:

sp = 40 mm

Area soggetta a trazione:

$A = (t – D) \cdot sp = 3060\ mm^2$

Come indicato dalla Norma DIN 19704, par. 7.3.3.1., occorre considerare un coefficiente di riduzione delle sollecitazioni ammissibili dovuto alla concentrazione delle tensioni attorno al foro.

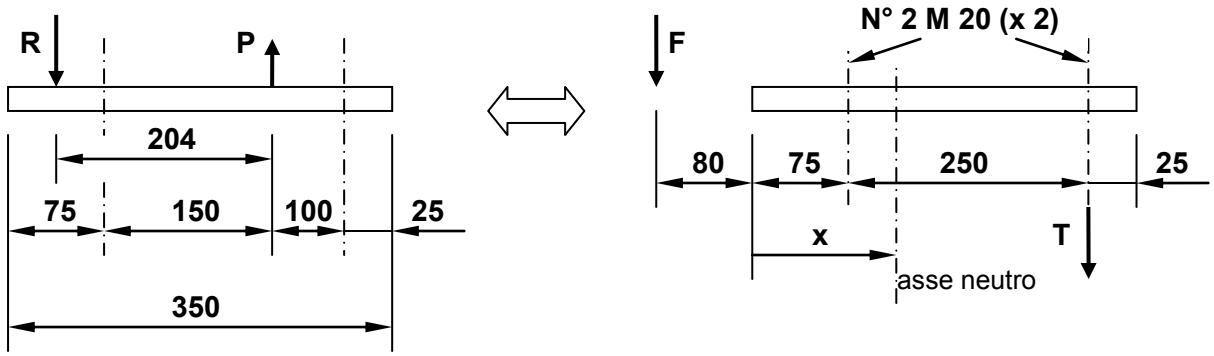
- Coefficiente di riduzione: Ks = 0.8

Riportando lo stesso coefficiente come incremento delle sollecitazioni calcolate, risulta:

$\sigma = P / (A \cdot Ks) = 26.6\ N/mm^2$

6. verifica piastra di base

La piastra di base è appoggiata sulle pile in calcestruzzo e ancorata a questo attraverso tiranti. Se si considera la superficie di separazione tra piastra e opere civili, questa può essere calcolata come la sezione di una trave pressoinflessa in cemento armato. Le azioni agenti sulla sezione sono rappresentate nella figura seguente:



- Larghezza della piastra: L = 250 mm
- Modulo d'elasticità dell'acciaio $E = 206000\ N/mm^2$
- Modulo d'elasticità del calcestruzzo: $Ec = 19600\ N/mm^2$
- Numero dei tiranti resistenti a trazione: n = 2
- Diametro dei tiranti M 20
- Sezione resistente di ciascun tirante: $A = 245\ mm^2$

Si ottengono i seguenti parametri statici della sezione:

- Distanza dell'asse neutro dal bordo compresso: x = 149.93 mm
- Momento di inerzia dell'area compressa rispetto a x: $Jc = 2.809 \cdot 10^8\ mm^4$
- Momento di inerzia delle viti tese rispetto a x: $Jt = 1.579 \cdot 10^8\ mm^4$
- Momento di inerzia totale rispetto a x: $J = 4.388 \cdot 10^8\ mm^4$

- Modulo di resistenza equivalente dell'area compressa: $Wc = 2.927 \cdot 10^6\ mm^3$
- Modulo di resistenza equivalente delle viti tese: $Wt = 2.385 \cdot 10^5\ mm^3$

Il momento flettente rispetto all'asse neutro è:

$$Mf = F \cdot (80 + x) = 2.989 \cdot 10^7\ Nmm$$

Massima sollecitazione di compressione sulla flangia:

$$\sigma c = - Mf / Wc = - 10.21\ N/mm^2$$

Massima sollecitazione di trazione sui tiranti:

$$\sigma t = Mf / Wt = 125.3\ N/mm^2$$

La forza agente complessivamente su un tirante è:

$$Ft = \sigma t \cdot A = 30.7\ kN$$

Si utilizzano tasselli chimici HILTI tipo HAS-TZ M20. Per la lunghezza standard 170 mm, il costruttore fornisce il valore di trazione di progetto basato su un coefficiente di sicurezza 1.5; in questo caso il limite inferiore è dato dalla resistenza alla rottura conica del calcestruzzo e vale:

$$N_{Rd} = 74.5\ kN$$

Per tenere conto della distanza dal bordo del calcestruzzo è previsto un coefficiente di riduzione $f_{R,N}$. Nel caso in esame la distanza dal bordo è:

$$c = 325\ mm$$

Per valori di $c \geq 255$ mm, il manuale HILTI suggerisce di considerare:

$$f_{R,N}. = 1$$

L'influenza dell'interasse tra i tiranti è valutata attraverso il coefficiente $f_{A,N}$. L'interasse reale è:

$$s = 200\ mm$$

Per questo valore, il manuale HILTI fornisce:

$$f_{A,N}. = 0.7$$

Il massimo carico ammissibile a trazione su un tirante è quindi:

$$N_{AMM} = N_{Rd} \cdot f_{R,N}. \cdot f_{A,N}. = 52.15\ kN > 30.7\ kN$$

Si considera un calcestruzzo avente resistenza caratteristica:

$$R_{CK} = 35\ N/mm^2$$

La pressione specifica ammissibile sul calcestruzzo vale:

$$\sigma_{AMM} = 6 + (R_{CK} - 15) / 4 = 11\ N/mm^2 > 10.21\ N/mm^2$$

7. verifica DEI TIRANTI DI COLLEGAMENTO DELLA PARATOIA DI VALLE

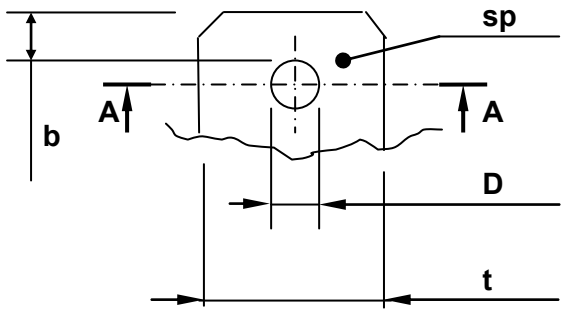
I materiali e le sollecitazioni ammissibili sono gli stessi dei gruppi di aggancio (vedere par. 2.).

Come forza di sollevamento si considera, per ogni tirante, la forza indicata al par. 3., che tiene già conto degli opportuni coefficienti di maggiorazione, quindi:.

F = = 130 kN

7.1. Occhio di collegamento alla paratoia

Si verifica la sez. A-A rappresentata nella figura seguente:



t = 100 mm

D = 40 mm

spessore:

sp = 25 mm

Area soggetta a trazione:

$A = (t – D) \cdot sp = 1500\ mm^2$

Come indicato dalla Norma DIN 19704, par. 7.3.3.1., occorre considerare un coefficiente di riduzione delle sollecitazioni ammissibili dovuto alla concentrazione delle tensioni attorno al foro.

- Coefficiente di riduzione: Ks = 0.8

Riportando lo stesso coefficiente come incremento delle sollecitazioni calcolate, risulta:

$\sigma = F / (A \cdot Ks) = 108{,}34\ N/mm^2$

Sempre in accordo con la Norma DIN 19704, par. 7.3.3.1., la dimensione b sopra al foro dell'occhio, deve essere almeno 1.4 volte la metà della sezione trasversale minima ottenuta considerando la sollecitazione ammissibile applicata, quindi il valore di b minimo è:

$b_{MIN} = (1.4 / 2) \cdot F / (\sigma_{AMM} \cdot sp \cdot Ks) = 19.3\ N/mm^2$

7.2. Forcella

La sezione tipica della forcella è uguale a quella dell'occhio di cui al par. 7.1., in cui al posto di una bandella si spessore 25 mm, lavorano due bandelle di spessore 20 mm. Risulta quindi:

- Spessore totale: sp = 20 x 2 mm

$A = (t – D) \cdot sp = 2400\ mm^2$

$\sigma = F / (A \cdot Ks) = 67{,}70\ N/mm^2$

$b_{MIN} = (1.4 / 2) \cdot F / (\sigma_{AMM} \cdot sp \cdot Ks) = 12.5\ N/mm^2$

7.3. Tirante

Il tirante è costituito da una bandella di sezione rettangolare avente le seguenti dimensioni:

- Spessore bandella: sp = 25 mm
- Larghezza bandella: L = 100 mm

La sollecitazione di trazione è:

$\sigma = F / (L \cdot sp) = 52.0\ N/mm^2$

7.4. Saldature

Le saldature tra tirante e forcella e tra occhio e paratoia sono saldature d'angolo; si considera pertanto il seguente coefficiente di efficienza:

- Coefficiente di efficienza: Ke = 0.7

A favore della sicurezza, si considera come sollecitazione di calcolo quella ammissibile per il taglio, cioè 136 N/mm².

Quindi la sollecitazione ammissibile con cui si calcolano le saldature è:

$\sigma_{AMMS} = 136 \cdot Ke = 95.2\ N/mm^2$

La sezione minima che ogni gruppo di saldature deve avere è quindi:

$As = F / \sigma_{AMMS} = 1366\ mm^2$

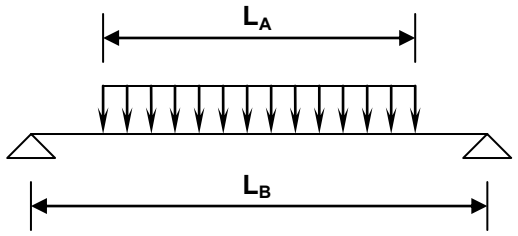
Nella giunzione tra forcella e tirante, se si trascurano per sicurezza le saldature verticali, vi sono 4 cordoni di lunghezza 100 mm. Lo spessore minimo che la sezione utile di ogni cordone deve avere è:

$S_{SMIN} = As / (4 \cdot 100) = 3.5\ mm$

Si adottano cordoni di saldatura di spessore 7 mm

7.5. Perni

Si adotta lo stesso schema di calcolo già indicato al par. 4:



$L_A = 25\ mm$

$L_B = 45\ mm$

Momento flettente massimo:

$M = F \cdot (2 \cdot L_B - L_A) / 8 = 1.06 \cdot 10^6\ Nmm$

Caratteristiche geometriche del perno:

- Diametro: d = 40 mm
- Area: $A = 1256 mm^2$
- Modulo di resistenza a flessione: $W = 6400\ mm^3$

Massima sollecitazione di flessione:

$\sigma = M / W = 165\ N/mm^2$

Massima sollecitazione di taglio:

$\tau = (4 / 3) \cdot F / (2 \cdot A) = 69\ N/mm^2$