



ALLEGATO N.

CITTÀ DI TORINO

Divisione Infrastrutture e Mobilità
Direzione Suolo - Settore Riqualificazione Spazio Pubblico

RIQUALIFICAZIONE SPAZIO PUBBLICO VIA TORRAZZA PIEMONTE

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RELAZIONE STRUTTURALE OPERE DI CONTENIMENTO

aggiornamenti
adeguamento
DPR 207/10

GRUPPO DI LAVORO

<i>Arch. Paola DE FILIPPI</i>	Progettista e Coordinatore Sicurezza in fase di Progettazione
<i>Arch. Marco ROLANDO</i>	Progettista opere strutturali
<i>P.i. Giovanni MARCHETTI</i>	Collaboratore Viabilità
<i>Geom. Massimo OLIVETTI</i>	Collaboratore
<i>Geom. Alessandro REY</i>	Collaboratore
<i>Geom. Marco PETTI</i>	Collaboratore Iter Catastale
<i>Geom. Francesco MACCHIA</i>	Progettista Collaboratore Verde e Alberate

Responsabile del Procedimento

Arch. Egidio CUPOLILLO

Progettista

Arch. Paola DE FILIPPI

DIREZIONE SUOLO

ing. Roberto BERTASIO

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'

ing. Biagio BURDIZZO

RELAZIONE DI CALCOLO

La presente relazione di calcolo ha lo scopo di dimostrare la rispondenza dei dimensionamenti effettuati delle opere da realizzarsi alla normativa vigente.

Si specifica che, in funzione delle modeste entità dei carichi e delle scarse sollecitazioni delle strutture in progetto in confronto alle caratteristiche dimensionali dei manufatti che si andranno a realizzare, la verifica è stata condotta con il metodo delle tensioni ammissibili.

Si è riscontrato che le tensioni di calcolo sono ampiamente verificate nell'ambito delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

Materiali.

I materiali che verranno utilizzati saranno i seguenti:

- Acciaio: FeB 44K controllato in stabilimento, con $\sigma_a = 240$ N/mm²;
- Calcestruzzo utilizzato: $R_{ck} = 25$ N/mm².

Verifiche.

Le verifiche effettuate sono state le seguenti:

1. Verifica al ribaltamento del muro controterra;
2. Verifica della tensione dei materiali al piede della muratura;
3. Verifica della tensione risultante sul terreno;
4. Verifica della tensione dei materiali nella sezione di incastro.

Tutte le verifiche condotte sono risultate ampiamente positive.

1. Verifica al ribaltamento del muro controterra:

Si è adottata la teoria del Coulomb, per la quale la spinta del terreno sul muro di sostegno vale:

$$S = \frac{1}{2} \times \gamma_t \times h^2 \times \tan(45^\circ - \varphi/2)$$

Dove:

$\gamma_t = 1.600$ daN/mc (Peso specifico del terreno);

$h = 1,50$ m. (Altezza del muro alla base della fondazione);

$h' = h + q/\gamma_t = 2,125$ m.

$\varphi = 30^\circ$ (Angolo di attrito interno del terreno).

Si ha:

$S = 2.085$ daN;

e

$M_{rib} = 1.477$ daNm (momento ribaltante)

Considerando che:

$P_1 = 750$ daN (peso della parete del muro controterra)

$P_2 = 1.875$ daN (peso della fondazione del muro controterra)

$P_{tot} = 2.625$ daN (peso complessivo del muro)

e

$M_{res} = 2.419$ daNm (Momento resistente)

Per cui:

$M_{res}/M_{rib} = 2.419/1.477 = 1,64 \gg 1,5$ e quindi la verifica è POSITIVA.

2. Verifica della tensione normale e tangenziale dei materiali al piede della muratura;

Si è adottata la teoria del Coulomb, per la quale la spinta del terreno sul muro di sostegno vale:

$$S = \frac{1}{2} \times \gamma_t \times h^2 \times \tan(45^\circ - \varphi/2)$$

Dove:

$\gamma_t = 1.600$ daN/mc (Peso specifico del terreno);

$h = 1,625$ m. (Altezza del muro alla sommità della fondazione);

$\varphi = 30^\circ$ (Angolo di attrito interno del terreno).

Si ha:

$S = 1.220$ daN;

e

$M_{flettente} = 661$ daNm (momento flettente)

Considerando, per le sezioni in c.a. a doppia armatura, che:

$$y = n \times \frac{A_a + A_a'}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \times b \times \frac{A_a \times h' + A_a' \times d'}{n \times (A_a + A_a')}} \right)$$

dove:

$y = 6,97$ cm (posizione dell'asse neutro);

$n = 15$ (rapporto tra il modulo di Young dell'acciaio e del calcestruzzo);

$A_a = 7,70$ cmq (Armatura tesa, pari a 5 ferri diam. 14 mm.);

$A_a' = 7,70$ cmq (Armatura compressa, pari a 5 ferri diam. 14 mm.);

$b = 100$ cm. (base della sezione sollecitata);

$h' = 32$ cm. (distanza tra il bordo compresso della sezione sollecitata e l'armatura principale);

$d' = 3$ cm. (Distanza tra il bordo compresso della sezione sollecitata e l'armatura secondaria)

si ha:

$$\sigma_{cls} = \frac{M_{flettente} \times y}{J_i}$$

Essendo:

$\sigma_{cls} = 5,39$ daN/cm² (Tensione di lavoro massima del cls);

$$J_i = \frac{b \times y^3}{3} + n \times A_a (h' - y)^2 + n \times A_a' \times (y - d')^2$$

con

$J_i = 85.468$ cm⁴ (Momento di inerzia della sezione comparata con doppia armatura);

e

$$\sigma_a = n \times \frac{M_{flettente} \times (h' - y)}{J_i}$$

con

$\sigma_a = 290,21$ daN/cm² $\ll \sigma_{a \text{ amm}}$ (tensione massima di esercizio dell'armatura principale)

e

$$\sigma_a' = n \times \frac{M_{flettente} \times (y - d')}{J_i}$$

$\sigma_a' = 46,03$ daN/cm² $\ll \sigma_{a \text{ amm}}$ (tensione massima di esercizio dell'armatura secondaria)

Per quanto attiene gli sforzi di taglio nella sezione, si ha:

$$\tau_{\max} = \frac{S}{b \times (h' - y/3)}$$

con:

$\tau_{\max} = 0,411$ daN/mm² $\ll \tau_{c, o}$ (tensione tangenziale ammissibile del cls)

Anche l'azione combinata delle tensioni tangenziali e delle tensioni normali provenienti da momento flettente confermano valori ampiamente contenuti.

Comunque, anche nell'ambito di una corretta esecuzione dei lavori, si dispone un'armatura di ripartizione trasversale di diametro confacente e un'opportuna staffatura di rinforzo.

3 Verifica della tensione risultante sul terreno.

Si assumono come dati di partenza i seguenti, già illustrati in precedenza:

$$M_{rib} = 1042,50 \text{ daNm}$$

$$P_{tot} = 2.625 \text{ daN}$$

Le tensioni sul terreno sono risultate, a seguito di verifica, pari a:

$$\sigma_{t, min} = -0,086 \text{ daN/cm}^2 \text{ (tensione minima)}$$

e

$$\sigma_{t, max} = -0.471 \text{ daN/cm}^2 \text{ (tensione massima)}$$

che sono entrambi di compressione e di molto inferiori alla portata reale del terreno, stimata in 1,5 daN/cm².

4. Verifica della tensione normale e tangenziale dei materiali nella sezione di incastro della fondazione:

Si è adottata, per l'analisi delle sollecitazioni fondazionali, la teoria del Coulomb, per la quale la spinta del terreno sul muro di sostegno vale:

$$S = \frac{1}{2} \times \gamma_t \times h^2 \times \tan(45^\circ - \varphi/2)$$

Dove:

$$\gamma_t = 1.600 \text{ daN/mc (Peso specifico del terreno);}$$

$$h = 2,125 \text{ m. (Altezza del muro alla base della fondazione);}$$

$$\varphi = 30^\circ \text{ (Angolo di attrito interno del terreno).}$$

Dal diagramma delle tensioni sul terreno, ponderando le sollecitazioni minime e massima, si ricava il valore della spinta del terreno sulla sezione di incastro e, da questa, il corrispondente valore della spinta risultante e del momento flettente, pari a:

$$S = 2.074 \text{ daN}$$

$$M_{\text{filet}} = 311,10 \text{ daNm}$$

Considerando, per le sezioni in c.a. a doppia armatura, che:

$$y = n \times \frac{A_a + A_a'}{b} \left(-1 \times \sqrt{1 + 2 \times b \times \frac{A_a \times h' + A_a' \times d'}{n \times (A_a + A_a')}} \right)$$

dove:

$y = 6,97 \text{ cm}$ (posizione dell'asse neutro);

$n = 15$ (rapporto tra il modulo di Young dell'acciaio e del calcestruzzo);

$A_a = 7,70 \text{ cm}^2$ (Armatura tesa, pari a 5 ferri diam. 14 mm.);

$A_a' = 7,70 \text{ cm}^2$ (Armatura compressa, pari a 5 ferri diam. 14 mm.);

$b = 100 \text{ cm}$. (base della sezione sollecitata);

$h' = 47 \text{ cm}$. (distanza tra il bordo compresso della sezione sollecitata e l'armatura principale);

$d' = 3 \text{ cm}$. (Distanza tra il bordo compresso della sezione sollecitata e l'armatura secondaria)

si ha:

$$\sigma_{\text{cls}} = \frac{M_{\text{flettente}} \times y}{J_i}$$

Essendo:

$\sigma_{\text{cls}} = 1,09 \text{ daN/cm}^2$ (Tensione di lavoro massima del cls);

$$J_i = \frac{b \times y^3}{3} + n \times A_a (h' - y)^2 + n \times A_a' \times (y - d')^2$$

con

$J_i = 198.184 \text{ cm}^4$ (Momento di inerzia della sezione comparata con doppia armatura);

e

$$\sigma_a = n \times \frac{M_{flettente} \times (h' - y)}{J_i}$$

con

$$\sigma_a = 94,18 \text{ daN/cm}^2 \ll \sigma_{a \text{ amm}} \quad (\text{tensione massima di esercizio dell'armatura principale})$$

e

$$\sigma_a' = n \times \frac{M_{flettente} \times (y - d')}{J_i}$$

$$\sigma_a' = 9,34 \text{ daN/cm}^2 \ll \sigma_{a \text{ amm}} \quad (\text{tensione massima di esercizio dell'armatura secondaria})$$

Per quanto attiene gli sforzi di taglio nella sezione, si ha:

$$\tau_{\max} = \frac{S}{b \times (h' - y/3)}$$

con:

$$\tau_{\max} = 0,46 \text{ daN/mm}^2 \ll \tau_{c, o} \quad (\text{tensione tangenziale ammissibile del cls})$$

Anche l'azione combinata delle tensioni tangenziali e delle tensioni normali, positive e negative, provenienti da momento flettente confermano valori ampiamente contenuti.

Comunque, anche nell'ambito di una corretta esecuzione dei lavori, si dispone un'armatura di ripartizione trasversale di diametro confacente e un'opportuna staffatura di rinforzo.

Torino, lì Agosto 2011

Il progettista strutturale
Arch. Marco Rolando