

# Relazione di Calcolo

## Indice generale

1	Descrizione del software .....	2
2	Normative di riferimento .....	2
3	Geometria del muro .....	3
3.1	Sistema di riferimento.....	3
3.2	Rappresentazione geometrica, sezione trasversale.....	3
3.3	Rappresentazione analitica .....	3
4	Caratteristiche dei terreni.....	4
5	Geometria degli strati .....	4
6	Geometria dei carichi.....	5
6.1	Carichi uniformi.....	5
7	Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche .....	5
7.1	Descrizione della normativa sismica.....	5
7.2	Descrizione del metodo di calcolo delle spinte.....	7
7.3	Descrizione del metodo di calcolo della portanza .....	8
8	Distribuzioni di spinte e pressioni .....	9
8.1	Coefficienti di spinta .....	9
8.2	Pressioni .....	10
8.2.1	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1 .....	10
8.2.2	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2 .....	10
8.2.3	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3 .....	11
8.2.4	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-4 .....	11
8.2.5	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1 .....	11
8.2.6	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2 .....	11
8.2.7	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3 .....	11
8.2.8	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4 .....	11
8.2.9	Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1 .....	11
8.2.10	Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2 .....	11
8.2.11	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1 .....	11
8.2.12	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2 .....	11
8.2.13	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1 .....	12
8.2.14	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-2 .....	12
9	Risultante delle azioni agenti sul muro .....	12
9.1	Combinazioni di calcolo.....	12
9.1.1	Combinazione di carico EQU-1 .....	12
9.1.2	Combinazione di carico EQU-2 .....	12
9.1.3	Combinazione di carico EQU-3 .....	13
9.1.4	Combinazione di carico EQU-4 .....	13
9.1.5	Combinazione di carico STR-1 .....	13
9.1.6	Combinazione di carico STR-2 .....	13
9.1.7	Combinazione di carico STR-3 .....	13
9.1.8	Combinazione di carico STR-4 .....	14
9.1.9	Combinazione di carico SIS-1 .....	14
9.1.10	Combinazione di carico SIS-2 .....	14
10	Verifiche di stabilità locale.....	14
11	Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio.....	14
12	Parametri per dimensionamento armatura.....	14
13	Sollecitazioni e verifiche strutturali.....	15
14	Dimensionamento pali .....	18
14.1	Fila di pali n.1 .....	18
14.2	Fila di pali n.2.....	21

## **1 Descrizione del software**

Si tratta di un programma di calcolo strutturale dedicato al progetto e verifica di Opere di Sostegno in cemento armato e a gravità. Il programma permette il calcolo delle spinte nelle diverse combinazioni di calcolo analizzate, l'esecuzione di verifiche di stabilità locale e globale di natura geotecnica, la progettazione delle parti in cemento armato e la verifica di resistenza strutturale. Nella determinazione delle sollecitazioni strutturali può utilizzare un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Nella relazione di calcolo vengono riportati i dati di input, le combinazioni di calcolo adottate, le pressioni e le spinte trovate, nonché i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali. Vengono anche prodotte le tavole con i prospetti e le distinte di armatura, ed il computo metrico delle principali grandezze.

### **SPECIFICHE TECNICHE**

Denominazione del software: WallCAD 7

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 7.21

Versione regolarmente licenziata

### **SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE E CRITERI DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI**

Il programma permette il calcolo della spinta delle terre mediante metodi propri dell'Equilibrio limite e la valutazione della stabilità globale con metodi propri della stabilità dei pendii; le azioni sismiche vengono valutate mediante un approccio pseudo-statico, in accordo alle varie normative adottate. Le spinte vengono pensate agenti su un tratto di lunghezza unitaria di un muro di lunghezza indefinita, con sezione che resta quindi in stato piano di deformazione; nel caso di elementi discontinui con lo sviluppo del muro (come pali, tiranti, contrafforti, carichi puntuali) viene invece creato un modello 3D ad elementi finiti, di lunghezza e condizioni di vincolo alle estremità deciso dal progettista. In quest'ultimo caso le sollecitazioni sono calcolate dal modello numerico per integrazione nel tratto di verifica. La reazione del suolo è quella teorica di fondazione rigida su suolo elastico non reagente al sollevamento; nel caso di studio con modello fem il suolo è modellato mediante un numero elevato di molle elastoplastiche verticali, non reagenti al sollevamento; in direzione orizzontale sono altresì presenti molle elastiche di modulo di reazione proporzionale al verticale. I pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse nei terreni della stratigrafia definita. Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimmetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti. I tiranti sono modellati mediante molle elastoplastiche di rigidità equivalente al sistema terreno/tratto libero/tratto ancorato, e di limiti plastici a trazione e compressione assegnati. I carichi possono essere inseriti sia sul muro che sul terreno; in quest'ultimo caso il carico uniforme è trattato come uno strato di spessore equivalente, mentre gli altri tipi di carico (lineare o nastriforme) vengono diffusi in orizzontale e sovrapposti alle restanti azioni.

### **VERIFICHE DELLE MEMBRATURE IN CEMENTO ARMATO**

Nel caso più generale le verifiche degli elementi in c.a. possono essere condotte agli stati limite in accordo al D.M. 17/01/18, al D.M. 14/01/08, al D.M. 09/01/96 o secondo Eurocodice 2, oppure ove consentito col metodo delle tensioni ammissibili (D.M. 14/01/92). Le membrature in c.a. sono verificate a pressoflessione e taglio come piastre non espressamente armate a taglio, i pali sono verificati a pressoflessione, taglio e punzonamento verso la suola; nel caso di micropali si considera la sola resistenza del tubolare in acciaio, verificato secondo Eurocodice 3 in accordo al D.M. 17/01/18 o al D.M. 14/01/08

## **2 Normative di riferimento**

### **Normative di analisi e verifica:**

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018)

### **Valutazione delle azioni sismiche:**

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) Cap.7

### **Verifiche strutturali:**

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) Cap.4

### 3 Geometria del muro

La descrizione della geometria del muro si avvale di una duplice rappresentazione, una schematica, tramite la sezione trasversale, e l'altra in forma analitica tramite le dimensioni principali degli elementi costituenti.

#### 3.1 Sistema di riferimento

Nella seguente rappresentazione schematica viene rappresentata la posizione e l'orientamento del sistema di riferimento rispetto ai vertici principali della sagoma del muro.

Sistema di riferimento adottato per le coordinate:

Ascisse X (espresse in centimetri) positive verso destra

Ordinate Y (espresse in centimetri) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da sinistra verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dal basso verso l'alto

Tutti i valori in output sono riferiti ad 1 centimetro di muro.

#### 3.2 Rappresentazione geometrica, sezione trasversale

#### 3.3 Rappresentazione analitica

Il muro viene convenzionalmente suddiviso in blocchi principali ed eventuali accessori.

##### **Ingombro globale**

Larghezza totale del muro	: 170 cm
Altezza totale del muro	: 270 cm
Peso specifico del muro	: 2500 daN/m <sup>3</sup>
Peso specifico delle falde	: 1000 daN/m <sup>3</sup>

##### **Paramento**

Base inf.	: 35 cm
Base sup.	: 35 cm
Altezza	: 220 cm
Disassamento	: 0 cm

##### **Mensola sinistra in fondazione**

Larghezza	: 80 cm
Alt.interna	: 50 cm
Alt.esterna	: 50 cm
Disassamento	: 0 cm

##### **Zoccolo centrale in fondazione**

Larghezza	: 35 cm
Altezza a sx	: 50 cm
Altezza a dx	: 50 cm
Sfalsamento	: 0 cm

##### **Mensola destra in fondazione**

Larghezza	: 55 cm
Alt.interna	: 50 cm
Alt.esterna	: 50 cm
Disassamento	: 0 cm

## 4 Caratteristiche dei terreni

Significato dei simboli e unità di misura:

Gsat: Peso specifico saturo del terreno, utilizzato nelle zone immerse (daN/m<sup>3</sup>)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m<sup>3</sup>)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno/paramento (deg)

AI: Adesione della coesione all'interfaccia terreno/cls (-)

OCR: Coefficiente di sovraconsolidazione del terreno (-)

Ko: Coefficiente di spinta a riposo del terreno (-)

E: Modulo elastico longitudinale del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm<sup>2</sup>)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

N	Denominazione	Gsat	Gnat	Fi	C'	Cnd	Delta	AI	OCR	Ko	E	G	Perm
1	Coltre eluvio-colluviale	1900	1900	30,00	0,000	0,460	20,00	0,50	1,00	0,46	350	100	3,30E-03
2	Roccia di Ranzano	2000	2000	33,00	0,000	1,210	22,00	0,50	1,00	0,46	60	23	1,00E-08

## 5 Geometria degli strati

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligoni di separazione degli strati di terreno.

### **Strato n.1, materiale sottostante: Coltre eluvio-colluviale**

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	1	18	220
2	2	5897	1686

### **Strato n.2, materiale sottostante: Roccia di Ranzano**

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	3	73	0
2	4	5897	1452

### **Strato n.3, materiale sottostante: Roccia di Ranzano**

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	5	-6158	0
2	6	-98	0

### **Strato n.4, materiale sottostante: Roccia di Ranzano**

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	-	-98	-50
2	-	-18	-50
3	-	18	-50
4	-	73	-50

## 6 Geometria dei carichi

Le coordinate e le componenti dei carichi stampate in questo paragrafo sono riferite al sistema di riferimento relativo alla sezione trasversale, dove gli assi X e Y locali coincidono rispettivamente con gli assi X e Z globali. L'asse Y globale si sviluppa nella profondità del muro. Tutte le tipologie di carico, esclusa quella puntuale, hanno componenti e coordinate diverse da zero solo lungo gli assi locali X e Y. Nel caso di carichi puntuali viene indicata anche la posizione in profondità (P), riferita rispetto alla sezione trasversale iniziale dell'intervento e quindi lungo l'asse Y globale.

### 6.1 Carichi uniformi

Comp.permanente di carico uniforme a monte : 0 daN/cm<sup>2</sup>  
Comp.variabile di carico uniforme a monte : -0.2 daN/cm<sup>2</sup>

## 7 Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche

Metodo di calcolo della spinta del terreno : Mononobe-Okabe  
Metodo di calcolo della portanza del terreno : Brinch-Hansen  
Normativa adottata per le verifiche locali : D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni

Normativa adottata per il sisma: D.M. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018.  
Localizzazione dell'opera: Pavia, Montecalvo Versiggia, Crocetta  
Vita nominale dell'opera (Tab. 2.4.I): 50 anni  
Classe d'uso (Tab. 2.4.II): 2  
Parametri sismici calcolati per lo stato limite : SLV  
Accelerazione relativa Ag/g massima attesa al suolo: 0.0955 g  
Categoria del suolo di fondazione: B  
Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.2  
Coefficiente di amplificazione topografica: 1.2  
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (Beta s): 0.2  
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per muri (Beta m): 0.38  
Punto di applicazione della forza dinamica: stesso punto di quella statica  
Effetto della componente verticale di accelerazione sismica incluso.

### 7.1 Descrizione della normativa sismica

In zona sismica per l'opera di sostegno viene condotta una analisi pseudostatica secondo quanto previsto dalla normativa vigente (D.M. 17/01/2018 NTC, paragrafo 7.11.6).

Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, pari al prodotto delle forze di gravità moltiplicate per un coefficiente sismico.

I coefficienti sismici orizzontali e verticali, applicati a tutte le masse potenzialmente instabili, sono calcolati rispettivamente come:

$$k_h = \beta_m \cdot (a_{max}/g) \quad [7.11.6]$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad [7.11.7]$$

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad [7.11.8]$$

Dove:  $\beta_m$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  è l'accelerazione di gravità;

$S_S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito (§3.2.3.2);

$S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione del pendio (§3.2.3.2);

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di  $\beta_m$  sono 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV), 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD); per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario.

Il coefficiente  $S_S$  di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di  $S_S$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.IV.

Il coefficiente  $S_T$  di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture in sommità di un pendio o in cresta, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di  $S_T$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V, in funzione della categoria topografica della superficie.

I coefficienti sismici sopra definiti sono considerati costanti lungo l'altezza del muro.

L'incremento di spinta dovuto al sisma può venire assunto agente nello stesso punto di quella statica, nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, oppure a metà altezza dell'opera, negli altri casi.

La spinta totale di progetto  $E_d$  agente sull'opera di sostegno è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot h^2 + E_{ws}$$

dove:  $\gamma$  è il peso specifico del terreno;

$K$  è il coefficiente di spinta del terreno;

$h$  è l'altezza del muro;

$E_{ws}$  è la spinta idrostatica;

Il coefficiente di spinta del terreno viene calcolato come nel caso statico ma con le seguenti modifiche\*:

- nel caso di terreno sotto falda, applicando una rotazione al profilo del muro e degli strati di terreno, secondo le espressioni

$$\tan \theta_A = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 + k_v} \quad \text{e} \quad \tan \theta_B = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 - k_v}$$

dove:  $\gamma$  è il peso specifico del terreno saturo;

$\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua;

- nel caso di terreno sopra falda, applicando una rotazione al profilo del muro e degli strati di terreno, secondo le espressioni

$$\tan \theta_A = \frac{k_h}{1 + k_v} \quad \text{e} \quad \tan \theta_B = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

\*eccetto il metodo di Mononobe-Okabe, che include il sisma in modo nativo nella formulazione.

L'acqua interstiziale viene considerata non libera all'interno dello scheletro solido del terreno, trattando quindi quest'ultimo come un mezzo monofase. In presenza di acqua libera sulla faccia del muro viene aggiunta la sovrappressione (considerata agente nel caso peggiore, cioè da monte verso valle) dovuta all'effetto idrodinamico, secondo la relazione:

$$q(z) = \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{h \cdot z}$$

dove:  $h$  è l'altezza totale della zona interessata dall'acqua libera;

$z$  è la distanza dal pelo libero dell'acqua;

### Stabilità globale

In presenza di sisma viene condotta una analisi pseudo-statica secondo quanto previsto dalla normativa vigente (D.M. 17/01/2018 NTC, paragrafo 7.11.3.5, 7.11.4), secondo cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso del volume di terreno instabile ed ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot (a_{max}/g) \quad [7.11.3]$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad [7.11.4]$$

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad [7.11.5]$$

Dove:  $\beta_s$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, in funzione della zona sismica;

$g$  è l'accelerazione di gravità;

$S_S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;

$S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione del pendio;

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.I, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima  $a_g$ .

Il coefficiente  $S_s$  di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di  $S_s$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.IV.

Il coefficiente  $S_T$  di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture in sommità di un pendio o in cresta, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di  $S_T$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V, in funzione della categoria topografica della superficie.

Il calcolo viene condotto nelle combinazioni stabilite dal progettista, con i coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e resistenze indicati; di default vengono create combinazioni per il caso statico e sismico.

## 7.2 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte

La teoria di Mononobe-Okabe fa uso del *metodo dell'equilibrio limite* e può essere considerata una estensione del metodo di Coulomb, in cui alle usuali spinte al contorno del cuneo instabile di terreno vengono sommate anche le azioni inerziali orizzontali e verticali dovute all'accelerazione delle masse.

Le ipotesi che stanno alla base del metodo sono quindi:

Terreno isotropo, omogeneo e dotato di attrito e/o coesione.

Terreno che, a causa degli spostamenti del muro, si trova in uno stato di equilibrio plastico.

Superficie di rottura piana.

Superficie superiore del cuneo anche inclinata ma di forma piana.

La resistenza per attrito e per coesione si sviluppa uniformemente lungo la superficie di rottura.

Può esistere attrito tra paramento del muro e terreno, che si sviluppa al primo spostamento del muro.

Il paramento del muro può essere inclinato ma non spezzato in più parti.

L'effetto delle accelerazioni  $k_h$  e  $k_v$  viene intrinsecamente considerato nel baricentro del cuneo instabile.

Le spinte Attiva e Passiva si calcolano come:

$$P_{alp} = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot (1 - k_v) \cdot K_{alp}$$

il coefficiente  $K_{alp}$  viene calcolato utilizzando la formulazione di Mononobe-Okabe proposta nell'ordinanza 3274 e successiva correzione 3316, in cui i simboli usati sono:

$\phi$  = angolo di attrito interno del terreno.

$\psi$  = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete interessata del muro.

$\beta$  = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno.

$\delta$  = angolo di attrito terreno-muro.

$\theta$  = angolo di rotazione addizionale definito come segue.

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Il coefficiente per stati di spinta attiva si divide in due casi:

$$\beta \leq \phi - \theta: \quad K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \theta: \quad K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \psi \cdot \sin(\psi + \theta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi) \cdot \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

Nel caso di accelerazione sismica solo orizzontale l'angolo  $\theta$  è unico e la spinta attiva e passiva risulta univocamente determinata; viceversa le formule forniscono due distinti valori, che corrispondono alla presenza di accelerazione sismica verticale verso l'alto e verso il basso.

### 7.3 Descrizione del metodo di calcolo della portanza

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Brinch-Hansen, nel caso generale:

$$Q_{\text{lim}} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ( $\phi = 0$ ) tale relazione diventa:

$$Q_{\text{lim}} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume dello strato di fondazione;

$B$  = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $B = B_f - 2e$ );

$L$  = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico  $L = L_f - 2e$ );

$c$  = coesione dello strato di fondazione;

$c_u$  = coesione non drenata dello strato di fondazione;

$q$  = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

$N_y, N_c, N_q$  = fattori di capacità portante;

$s_y, s_c, s_q$  = fattori di forma della fondazione;

$d_y, d_c, d_q$  = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.

$i_y, i_c, i_q$  = fattori di inclinazione del carico;

$b_y, b_c, b_q$  = fattori di inclinazione della base della fondazione;

$g_y, g_c, g_q$  = fattori di inclinazione del piano campagna;

Per la teoria di Brinch-Hansen i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$\begin{aligned} N_c &= (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi; & N_q &= \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \phi)}; & N_\gamma &= 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg} \phi \\ s_c &= 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; & s'_c &= 0.2 \cdot \frac{B}{L}; & s_q &= 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg} \phi; & s_\gamma &= 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \\ d_c &= 1 + 0.4 \cdot k; & d'_c &= 0.4 \cdot k; & d_q &= 1 + 2 \cdot k \cdot \text{tg} \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2; & d_\gamma &= 1 \\ i_c &= i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; & i'_c &= 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{B \cdot L \cdot c_a}}; & i_q &= \left( 1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^5; \\ i_\gamma &= \left( 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^5 & (\text{se } \eta=0); & i_\gamma &= \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ) \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^5 & (\text{se } \eta > 0) \\ g_c &= 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; & g'_c &= \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; & g_q &= (1 - 0.5 \cdot \text{tg} \beta)^5; & g_\gamma &= g_q \end{aligned}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^o}{147^o}; \quad b'_c = \frac{\eta^o}{147^o}; \quad b_q = e^{(-2\eta_{tg}\phi)}; \quad b_\gamma = e^{(-2.7\eta_{tg}\phi)}$$

$$\text{dove: } k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = \arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1)$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

$\phi$  = angolo di attrito dello strato di fondazione;

$c_a$  = aderenza alla base della fondazione;

$\eta$  = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ( $\eta = 0$  se orizzontale);

$\beta$  = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità della fondazione.

\* in presenza di inclinazione dei carichi elevata, a favore di sicurezza, non sono stati usati i coeff.  $s_i$  insieme a  $i_i$ .

## 8 Distribuzioni di spinte e pressioni

### 8.1 Coefficienti di spinta

Coefficienti di spinta sul paramento a monte							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	$K_a$
1	18	18	220	0	1	EQU-1	0.36
1	18	18	220	0	2	EQU-2	0.36
1	18	18	220	0	3	EQU-3	0.44
1	18	18	220	0	4	EQU-4	0.45
1	18	18	220	0	5	STR-1	0.36
1	18	18	220	0	6	STR-2	0.36
1	18	18	220	0	7	STR-3	0.36
1	18	18	220	0	8	STR-4	0.36
1	18	18	220	0	9	GEO-1	0.46
1	18	18	220	0	10	GEO-2	0.46
1	18	18	220	0	11	SIS-1	0.42
1	18	18	220	0	12	SIS-2	0.42
1	18	18	220	0	13	SLE-1	0.36
1	18	18	220	0	14	SLE-2	0.36

Coefficienti di spinta sul filo mensola a monte							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	$K_a$
1	73	73	234	0	1	EQU-1	0.36
2	73	73	0	-50	1	EQU-1	0.32
1	73	73	234	0	2	EQU-2	0.36
2	73	73	0	-50	2	EQU-2	0.32
1	73	73	234	0	3	EQU-3	0.44
2	73	73	0	-50	3	EQU-3	0.39
1	73	73	234	0	4	EQU-4	0.45
2	73	73	0	-50	4	EQU-4	0.4
1	73	73	234	0	5	STR-1	0.36
2	73	73	0	-50	5	STR-1	0.32
1	73	73	234	0	6	STR-2	0.36
2	73	73	0	-50	6	STR-2	0.32

1	73	73	234	0	7	STR-3	0.36
2	73	73	0	-50	7	STR-3	0.32
1	73	73	234	0	8	STR-4	0.36
2	73	73	0	-50	8	STR-4	0.32
1	73	73	234	0	9	GEO-1	0.46
2	73	73	0	-50	9	GEO-1	0.41
1	73	73	234	0	10	GEO-2	0.46
2	73	73	0	-50	10	GEO-2	0.41
1	73	73	234	0	11	SIS-1	0.42
2	73	73	0	-50	11	SIS-1	0.36
1	73	73	234	0	12	SIS-2	0.42
2	73	73	0	-50	12	SIS-2	0.37
1	73	73	234	0	13	SLE-1	0.36
2	73	73	0	-50	13	SLE-1	0.32
1	73	73	234	0	14	SLE-2	0.36
2	73	73	0	-50	14	SLE-2	0.32

Coefficients di spinta sul filo mensola a valle							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K <sub>p</sub>
1	98	98	0	-50	1	EQU-1	3.39
1	98	98	0	-50	2	EQU-2	3.39
1	98	98	0	-50	3	EQU-3	3.25
1	98	98	0	-50	4	EQU-4	3.24
1	98	98	0	-50	5	STR-1	3.39
1	98	98	0	-50	6	STR-2	3.39
1	98	98	0	-50	7	STR-3	3.39
1	98	98	0	-50	8	STR-4	3.39
1	98	98	0	-50	9	GEO-1	2.71
1	98	98	0	-50	10	GEO-2	2.71
1	98	98	0	-50	11	SIS-1	3.3
1	98	98	0	-50	12	SIS-2	3.29
1	98	98	0	-50	13	SLE-1	3.39
1	98	98	0	-50	14	SLE-2	3.39

## 8.2 Pressioni

Le distribuzioni delle pressioni esercitate dai terreni circostanti il muro sono date attraverso un insieme di segmenti generalmente coincidenti i profili laterali dell'intervento murario. Ogni segmento presenta una distribuzione lineare di pressione che può variare vettorialmente da un valore (VX1, VY1) sino ad un valore (VX2, VY2). Le distribuzioni di pressione sono fornite per causa originante (pressione del terreno o pressione dell'acqua) e sommate globalmente.

### 8.2.1 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>
1	18	220	18	0	-0.11	-0.04	-0.23	-0.09	0	0	0	0	-0.11	-0.04	-0.23	-0.09

### 8.2.2 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>	VX <sub>1</sub>	Vy <sub>1</sub>	VX <sub>2</sub>	Vy <sub>2</sub>
1	18	220	18	0	-0.11	-0.04	-0.26	-0.1	0	0	0	0	-0.11	-0.04	-0.26	-0.1

### 8.2.3 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	-0.02	-0.01	-0.21	-0.08	0	0	0	0	-0.02	-0.01	-0.21	-0.08

### 8.2.4 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	-0.02	-0.01	-0.2	-0.07	0	0	0	0	-0.02	-0.01	-0.2	-0.07

### 8.2.5 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	0	0	-0.14	-0.05	0	0	0	0	0	0	-0.14	-0.05

### 8.2.6 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	-0.11	-0.04	-0.25	-0.09	0	0	0	0	-0.11	-0.04	-0.25	-0.09

### 8.2.7 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	0	0	-0.19	-0.07	0	0	0	0	0	0	-0.19	-0.07

### 8.2.8 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	-0.11	-0.04	-0.29	-0.11	0	0	0	0	-0.11	-0.04	-0.29	-0.11

### 8.2.9 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	0	0	-0.19	-0.05	0	0	0	0	0	0	-0.19	-0.05

### 8.2.10 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	-0.12	-0.03	-0.3	-0.09	0	0	0	0	-0.12	-0.03	-0.3	-0.09

### 8.2.11 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>Y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>Y2</sub>
1	18	220	18	0	-0.02	-0.01	-0.2	-0.07	0	0	0	0	-0.02	-0.01	-0.2	-0.07

### 8.2.12 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>
1	18	220	18	0	-0.02	-0.01	-0.19	-0.07	0	0	0	0	-0.02	-0.01	-0.19	-0.07

### 8.2.13 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>
1	18	220	18	0	0	0	-0.14	-0.05	0	0	0	0	0	0	-0.14	-0.05

### 8.2.14 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>	V <sub>X1</sub>	V <sub>y1</sub>	V <sub>X2</sub>	V <sub>y2</sub>
1	18	220	18	0	-0.02	-0.01	-0.16	-0.06	0	0	0	0	-0.02	-0.01	-0.16	-0.06

## 9 Risultante delle azioni agenti sul muro

Vengono riportate le combinazioni di calcolo ed il riepilogo delle azioni risultanti agenti sul muro per le verifiche geotecniche.

### 9.1 Combinazioni di calcolo

La seguente tabella mostra i coefficienti moltiplicatori delle azioni utilizzati nelle combinazioni ed i relativi gruppi di coefficienti di sicurezza parziale, definiti nella normativa.

Con l'indice stampato n uguale a 0 (A0, M0 e R0), si intendono le situazioni in cui non sono definiti dei gruppi specifici da parte della normativa ed i coefficienti moltiplicatori sono da intendersi implicitamente unitari.

Famiglia	A	M	R	Indice	Nome	Perm.	Variabili	Sisma H	Sisma V
EQU	A1	M1	R3	1	EQU-1	0.9	1.5	0	0
EQU	A1	M1	R3	2	EQU-2	1.1	1.5	0	0
EQU	A0	M0	Rs	3	EQU-3	1	0.3	1	1
EQU	A0	M0	Rs	4	EQU-4	1	0.3	1	-1
STR	A1	M1	R3	1	STR-1	1	0	0	0
STR	A1	M1	R3	2	STR-2	1	1.5	0	0
STR	A1	M1	R3	3	STR-3	1.3	0	0	0
STR	A1	M1	R3	4	STR-4	1.3	1.5	0	0
GEO	A2	M2	R2	1	GEO-1	1	0	0	0
GEO	A2	M2	R2	2	GEO-2	1	1.3	0	0
SIS	A0	M0	Rs	1	SIS-1	1	0.3	1	1
SIS	A0	M0	Rs	2	SIS-2	1	0.3	1	-1
SLE	A0	M0	R0	1	SLE-1	1	0	0	0
SLE	A0	M0	R0	2	SLE-2	1	0.3	0	0

#### 9.1.1 Combinazione di carico EQU-1

Descrizione	x <sub>p</sub>	y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-36.45
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-21.34
Spinta del terreno a monte	72	74	-51.78	-19.29
Spinta del terreno a valle	-97	-33	7.32	2.17
Carichi su terreno a monte	45	0	0	-16.5

#### 9.1.2 Combinazione di carico EQU-2

Descrizione	x <sub>p</sub>	y <sub>p</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
-------------	----------------	----------------	----------------	----------------

	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-44.55
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-26.08
Spinta del terreno a monte	72	72	-56.78	-21.17
Spinta del terreno a valle	-97	-33	8.94	2.65
Carichi su terreno a monte	45	0	0	-16.5

### 9.1.3 Combinazione di carico EQU-3

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-40.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-23.71
Spinta del terreno a monte	72	54	-39.16	-14.67
Spinta del terreno a valle	-97	-33	8.1	2.4
Carichi su terreno a monte	45	0	0	-3.3
Forza di inerzia dovuta al muro	-7	39	-3.17	-1.59
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	45	113	-1.86	-0.93

### 9.1.4 Combinazione di carico EQU-4

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-40.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-23.71
Spinta del terreno a monte	72	55	-36.83	-13.8
Spinta del terreno a valle	-97	-33	7.46	2.21
Carichi su terreno a monte	45	0	0	-3.3
Forza di inerzia dovuta al muro	-7	39	-3.17	1.59
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	45	113	-1.86	0.93

### 9.1.5 Combinazione di carico STR-1

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-40.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-23.71
Spinta del terreno a monte	72	48	-25.02	-9.4
Spinta del terreno a valle	-97	-33	8.13	2.41

### 9.1.6 Combinazione di carico STR-2

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-40.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-23.71
Spinta del terreno a monte	72	73	-54.28	-20.23
Spinta del terreno a valle	-97	-33	8.13	2.41
Carichi su terreno a monte	45	0	0	-16.5

### 9.1.7 Combinazione di carico STR-3

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-52.65
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-30.82
Spinta del terreno a monte	72	48	-32.53	-12.22
Spinta del terreno a valle	-97	-33	10.57	3.13

### 9.1.8 Combinazione di carico STR-4

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-52.65
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-30.82
Spinta del terreno a monte	72	70	-61.79	-23.05
Spinta del terreno a valle	-97	-33	10.57	3.13
Carichi su terreno a monte	45	0	0	-16.5

### 9.1.9 Combinazione di carico SIS-1

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-40.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-23.71
Spinta del terreno a monte	72	55	-36.18	-13.55
Spinta del terreno a valle	-97	-33	8.11	2.4
Carichi su terreno a monte	45	0	0	-3.3
Forza di inerzia dovuta al muro	-7	39	-2.12	-1.06
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	45	113	-1.24	-0.62

### 9.1.10 Combinazione di carico SIS-2

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-7	39	0	-40.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	45	113	0	-23.71
Spinta del terreno a monte	72	55	-34.59	-12.96
Spinta del terreno a valle	-97	-33	7.68	2.28
Carichi su terreno a monte	45	0	0	-3.3
Forza di inerzia dovuta al muro	-7	39	-2.12	1.06
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	45	113	-1.24	0.62

## 10 Verifiche di stabilità locale

Non è stata condotta nessuna verifica locale (scorrimento, rotazione, carico limite fondazione) per la presenza di vincoli esterni.

## 11 Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio

L'analisi di stabilità non è stata effettuata.

## 12 Parametri per dimensionamento armatura

Metodo di calcolo: D.M. 17-01-18 Norme Tecniche per le Costruzioni

Rck (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo) : 350 daN/cm<sup>2</sup>  
Modulo elastico longitudinale  $E_c$  : 325881 daN/cm<sup>2</sup>  
Rapporto  $E_a/E_c$  per calcolo tensioni in esercizio : 15  
Rapporto  $E_a/E_c$  per calcolo ampiezza fessure : 7  
 $F_{yk}$  (tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio): 4500 daN/cm<sup>2</sup>  
Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio : 1.15  
Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo : 1.5  
Coefficiente  $\beta_{2}$  per calcolo ampiezza fessure : 0.5  
Riduzione della  $\tau$  di aderenza per cattiva aderenza : 0.7  
 $f_{ct,eff}/f_{ct,m}$  per calcolo ampiezza fessure : 0.83

Limite $\sigma_{mac}/f_{ck}$	: 0.45
Limite $\sigma_{maf}/f_{yk}$	: 0.8
Ampiezza limite delle fessure	: 0.3 mm
Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo	: 1.4
Coefficiente Beta per punzonamento pali interni	: 1.15

### 13 Sollecitazioni e verifiche strutturali

Tutte le verifiche sono riferite su sezioni di profondità nominale di un metro.

Verifiche sismiche condotte in campo sostanzialmente elastico

EpsS% max : 0.186 %

EpsC% max : 0.2 %

Significato dei simboli:

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

$A_s$ : area efficace dello strato superiore per metro

$C_s$ : copriferro medio dello strato superiore

$A_i$ : area efficace dello strato inferiore per metro

$C_i$ : copriferro medio dello strato inferiore

$v_{mi}$ : soddisfacimento delle percentuali minime di armatura

$c_{res}$ : combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione retta

$M_d$ : momento di calcolo

$N_d$ : sforzo normale di calcolo

$M_u$ : momento ultimo

$N_u$ : sforzo normale ultimo

c.s.: coefficiente di sicurezza

$v_{res}$ : soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

$c_{es}$ : combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione retta

$M_e$ : momento in esercizio

$N_e$ : sforzo normale in esercizio

$\sigma_t$ : trazione massima sull'armatura

$\sigma_c$ : compressione massima sul calcestruzzo

$v_{es}$ : soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

$c_f$ : combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

$M_f$ : momento di calcolo per la verifica di fessurazione

$N_f$ : sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione

$s_{rm}$ : interasse delle fessure

$W_k$ : ampiezza caratteristica delle fessure

$v_f$ : soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

$c_t$ : combinazione di carico critica per la verifica a taglio

$V_{Sd}$ : taglio di calcolo

$VR_{dc}$ : taglio resistente in assenza di armatura a taglio

$VR_{dmax}$ : taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

$VR_{ds}$ : taglio resistente in presenza di armatura a taglio

$v_t$ : soddisfacimento verifica taglio

### **Paramento (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)**

X	Y	H	$A_s$	$C_s$	$A_i$	$C_i$	$v_{mi}$	$c_{res}$	$M_d$	$N_d$	$M_u$	$N_u$	c.s.	$v_{res}$
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
0	0	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	397235	-2201	1584636	-8781	3.99	ok
0	10	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	360281	-2186	1595956	-9681	4.43	ok
0	30	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	286307	-2480	1654156	-14330	5.78	ok

0	40	35	23.6	5.8	23.6	5.8	ok	STR-4	256654	-4046	1854796	47280	7.23	ok
0	60	35	23.7	5.8	23.7	5.8	ok	STR-4	199904	-3172	1858095	47707	9.3	ok
0	70	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	167433	-1868	1713676	-19114	10.2	ok
0	90	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	117679	-1284	1707643	-18628	14.5	ok
0	100	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	101256	-1314	1759503	-22823	17.4	ok
0	120	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	64962	-1054	1847053	-29962	28.4	ok
0	130	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-2	47230	-904	1932494	-36998	40.9	ok
0	150	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-2	31875	-690	2010908	-43517	63.1	ok
0	160	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-2	22523	-592	2172375	-57119	96.5	ok
0	180	35	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-2	9143	-185	1964436	-39647	215	ok
0	190	35	12.1	5.8	12.1	5.8	ok	STR-2	6856	-199	2101090	-60961	306	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>i</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	35	SLE-2	163305	-1499	413	-13	ok	SLE-2	167185	-3173	-	-	ok
0	10	35	SLE-2	146550	-1485	365	-12	ok	SLE-2	150100	-3150	-	-	ok
0	30	35	SLE-2	106961	-959	271	-8	ok	SLE-2	115894	-3104	-	-	ok
0	40	35	SLE-2	98791	-3081	104	-6	ok	SLE-2	98791	-3081	-	-	ok
0	60	35	SLE-2	74232	-2282	79	-5	ok	SLE-2	74232	-2282	-	-	ok
0	70	35	SLE-2	58248	-807	137	-5	ok	SLE-2	63157	-2260	-	-	ok
0	90	35	SLE-2	38640	-582	89	-3	ok	SLE-2	41957	-1526	-	-	ok
0	100	35	SLE-2	35521	-1383	53	-3	ok	SLE-2	35628	-1508	-	-	ok
0	120	35	SLE-2	22190	-877	33	-2	ok	SLE-2	22970	-1472	-	-	ok
0	130	35	SLE-2	16023	-896	16	-1	ok	SLE-2	16641	-1453	-	-	ok
0	150	35	SLE-2	10229	-789	5	-1	ok	SLE-2	10240	-813	-	-	ok
0	160	35	SLE-2	7387	-798	1	-1	ok	SLE-2	7387	-798	-	-	ok
0	180	35	SLE-2	2566	-258	0	0	ok	SLE-2	2566	-258	-	-	ok
0	190	35	SLE-2	1924	-250	0	0	ok	SLE-2	1924	-250	-	-	ok

X	Y	H	C <sub>t</sub>	V <sub>Sd</sub>	V <sub>Rdc</sub>	V <sub>Rdmax</sub>	V <sub>Rds</sub>	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	35	STR-4	3808	15798	-	-	ok
0	10	35	STR-4	3808	15794	-	-	ok
0	30	35	STR-4	3808	15785	-	-	ok
0	40	35	STR-4	3808	18932	-	-	ok
0	60	35	STR-4	2669	18803	-	-	ok
0	70	35	STR-4	2669	15624	-	-	ok
0	90	35	STR-4	1700	15484	-	-	ok
0	100	35	STR-4	1700	15480	-	-	ok
0	120	35	STR-4	1700	15473	-	-	ok
0	130	35	STR-4	1700	15470	-	-	ok
0	150	35	STR-4	898	15346	-	-	ok
0	160	35	STR-4	898	15343	-	-	ok
0	180	35	STR-4	261	15237	-	-	ok
0	190	35	STR-4	261	14740	-	-	ok

### Paramento (sezioni trasversali) (attraversate da barre longitudinali)

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>t</sub>	C <sub>i</sub>	v <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
0	0	35	6.8	8.9	5.7	7.2	no	STR-4	33134	295	685474	6099	20.7	ok
0	10	35	5.7	7.2	5.7	7.2	no	STR-4	34837	-44	705768	-882	20.3	ok
0	30	35	6.8	7.2	6.8	7.2	no	STR-4	33912	-417	978821	-12029	28.9	ok
0	40	35	7.9	7.2	7.9	7.2	ok	STR-4	30234	-297	1070249	-10530	35.4	ok
0	60	35	6.8	7.2	6.8	7.2	no	STR-4	24595	69	784348	2186	31.9	ok
0	70	35	7.9	7.2	7.9	7.2	ok	STR-4	21989	163	846514	6293	38.5	ok
0	90	35	6.8	7.2	6.8	7.2	no	STR-4	16965	465	586794	16072	34.6	ok
0	100	35	7.9	7.2	7.9	7.2	ok	STR-4	15300	583	609449	23212	39.8	ok
0	120	35	7.9	7.2	7.9	7.2	ok	STR-4	11969	819	475479	32529	39.7	ok
0	130	35	6.8	7.2	6.8	7.2	no	STR-4	10303	937	351133	31928	34.1	ok
0	150	35	7.9	7.2	7.9	7.2	ok	STR-4	8403	1335	283244	44983	33.7	ok
0	160	35	6.8	7.2	6.8	7.2	no	STR-4	7533	1489	206503	40828	27.4	ok
0	180	35	7.9	8.7	6.8	7.2	no	STR-4	5442	1712	153994	48430	28.3	ok
0	190	35	6.8	8.9	5.7	7.2	no	STR-4	4652	1692	115247	41903	24.8	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>i</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	35	SLE-2	11598	428	114	-2	ok	SLE-2	16321	-432	-	-	ok
0	10	35	SLE-2	14107	48	109	-3	ok	SLE-2	16504	-457	-	-	ok
0	30	35	SLE-2	11044	-117	55	-1	ok	SLE-2	13137	-297	-	-	ok

0	40	35	SLE-2	11454	-217	42	-1	ok	SLE-2	11454	-217	-	-	ok
0	60	35	SLE-2	9024	33	56	-1	ok	SLE-2	9024	33	-	-	ok
0	70	35	SLE-2	7926	91	46	-1	ok	SLE-2	7926	91	-	-	ok
0	90	35	SLE-2	5824	288	59	-1	ok	SLE-2	5824	288	-	-	ok
0	100	35	SLE-2	5194	366	53	-1	ok	SLE-2	5194	366	-	-	ok
0	120	35	SLE-2	3933	521	58	0	ok	SLE-2	3933	521	-	-	ok
0	130	35	SLE-2	3302	599	76	0	ok	SLE-2	3302	599	-	-	ok
0	150	35	SLE-2	2665	859	71	0	ok	SLE-2	2665	859	-	-	ok
0	160	35	SLE-2	2381	960	96	0	ok	SLE-2	2381	960	-	-	ok
0	180	35	SLE-2	1712	1105	100	0	ok	SLE-2	1712	1105	-	-	ok
0	190	35	SLE-2	1473	1093	128	0	ok	SLE-2	1473	1093	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	35	STR-4	226	13177	-	-	ok
0	10	35	STR-4	166	13189	-	-	ok
0	30	35	STR-4	130	13220	-	-	ok
0	40	35	STR-4	104	13238	-	-	ok
0	60	35	STR-4	65	13240	-	-	ok
0	70	35	STR-4	59	13253	-	-	ok
0	90	35	STR-4	43	13272	-	-	ok
0	100	35	STR-4	41	13256	-	-	ok
0	120	35	STR-4	41	13280	-	-	ok
0	130	35	STR-4	41	13292	-	-	ok
0	150	35	STR-4	37	13268	-	-	ok
0	160	35	STR-4	37	13278	-	-	ok
0	180	35	STR-4	31	11542	-	-	ok
0	190	35	STR-4	28	10206	-	-	ok

**Mensola di fondazione a valle (mensola sinistra) (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)**

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	v <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
-68	-25	50	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	-46484	-1033	-3971354	-88214	85.4	ok
-58	-25	50	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	-98749	-2602	-4540175	-119628	46	ok
-38	-25	50	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	151280	-2480	3343043	-54797	22.1	ok
-18	-25	50	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	365968	-2485	2600792	-17661	7.11	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>i</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
-68	-25	50	SLE-2	-22024	-803	15	-1	ok	SLE-2	-22024	-803	-	-	ok
-58	-25	50	SLE-2	-46673	-1673	32	-2	ok	SLE-2	-46673	-1673	-	-	ok
-38	-25	50	SLE-2	72999	-1579	80	-3	ok	SLE-2	72999	-1579	-	-	ok
-18	-25	50	SLE-2	175932	-1594	268	-7	ok	SLE-2	175932	-1594	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
-68	-25	50	STR-4	1348	18462	-	-	ok
-58	-25	50	STR-4	-11056	18668	-	-	ok
-38	-25	50	STR-4	-11056	18660	-	-	ok
-18	-25	50	STR-4	-11056	18653	-	-	ok

**Mensola di fondazione a valle (mensola sinistra) (sezioni trasversali) (attraversate da barre longitudinali)**

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	v <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
-68	-25	50	6.8	9.2	6.8	9.2	no	STR-4	59109	2531	614519	26317	10.4	ok
-58	-25	50	7.9	8.9	7.9	8.9	no	STR-4	64817	2442	752508	28346	11.6	ok
-38	-25	50	7.9	7.2	6.8	7.2	no	STR-4	63277	2106	677687	22550	10.7	ok
-18	-25	50	7.9	7.2	6.8	7.2	no	STR-4	55488	1776	688727	22050	12.4	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>i</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
-68	-25	50	SLE-2	30005	1214	226	-2	ok	SLE-2	30005	1214	-	-	ok
-58	-25	50	SLE-2	33206	1198	198	-2	ok	SLE-2	33206	1198	-	-	ok
-38	-25	50	SLE-2	33290	1113	195	-3	ok	SLE-2	33290	1113	-	-	ok

-18	-25	50	SLE-2	-34405	657	179	-2	ok	SLE-2	-34696	-969	-	-	ok
-----	-----	----	-------	--------	-----	-----	----	----	-------	--------	------	---	---	----

X	Y	H	c <sub>t</sub>	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
-68	-25	50	STR-4	-2526	13655	-	-	ok
-58	-25	50	STR-4	-3855	15435	-	-	ok
-38	-25	50	STR-4	-3139	17638	-	-	ok
-18	-25	50	STR-4	-3039	17638	-	-	ok

### Mensola di fondazione a monte (mensola destra) (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	v <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>l</sub>	N <sub>l</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
18	-25	50	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	104334	2490	1478495	35287	14.2	ok
36	-25	50	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	170877	2410	1717781	24225	10.1	ok
45	-25	50	13.4	5.8	13.4	5.8	ok	STR-4	-141518	-1802	-3023142	-38488	21.4	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>t</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
18	-25	50	SLE-2	58010	776	136	-2	ok	SLE-2	58010	776	-	-	ok
36	-25	50	SLE-2	59125	761	138	-2	ok	SLE-2	59125	761	-	-	ok
45	-25	50	SLE-2	-70732	-867	100	-3	ok	SLE-2	-70732	-867	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
18	-25	50	STR-4	-6028	18323	-	-	ok
36	-25	50	STR-4	-6028	18323	-	-	ok
45	-25	50	STR-4	-5093	18562	-	-	ok

### Mensola di fondazione a monte (mensola destra) (sezioni trasversali) (attraversate da barre longitudinali)

X	Y	H	A <sub>s</sub>	C <sub>s</sub>	A <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	v <sub>ml</sub>	C <sub>res</sub>	M <sub>d</sub>	N <sub>d</sub>	M <sub>l</sub>	N <sub>l</sub>	C.S.	V <sub>res</sub>
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
18	-25	50	10.2	8.5	9	8.7	no	STR-4	45137	944	1067758	22343	23.7	ok
36	-25	50	9	8.7	7.9	8.9	no	STR-3	27937	277	1127061	11177	40.3	ok
45	-25	50	7.9	8.9	6.8	9.2	no	STR-4	-56512	885	-1015018	15892	18	ok

X	Y	H	C <sub>es</sub>	M <sub>e</sub>	N <sub>e</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	V <sub>es</sub>	C <sub>t</sub>	M <sub>f</sub>	N <sub>f</sub>	S <sub>rm</sub>	W <sub>k</sub>	v <sub>f</sub>
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
18	-25	50	SLE-1	-27613	406	115	-2	ok	SLE-1	-27613	405	-	-	ok
36	-25	50	SLE-1	21465	211	79	-1	ok	SLE-1	21465	211	-	-	ok
45	-25	50	SLE-2	-24535	138	111	-2	ok	SLE-2	-28260	-123	-	-	ok

X	Y	H	c <sub>t</sub>	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v <sub>t</sub>
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
18	-25	50	STR-4	-1289	17305	-	-	ok
36	-25	50	STR-4	-1605	14577	-	-	ok
45	-25	50	STR-4	2778	12801	-	-	ok

## 14 Dimensionamento pali

### 14.1 Fila di pali n.1

Tipologia:	micropalo tubolare iniettato con cls	
Materiale del tubolare in acciaio		: S355
Resistenza del tubolare in acciaio		: 3550 daN/cm <sup>2</sup>
Diametro esterno del tubolare in acciaio		: 12.7 cm
Spessore del tubolare		: 10 mm
Diametro di perforazione		: 22 cm
Lunghezza esterna		: 1270 cm
Interasse tra pali		: 120 cm
Spostamento dal bordo sinistro		: 25 cm

Sfalsamento rispetto a sezione iniziale	: 50 cm
Inclinazione	: 0 °
Rck calcestruzzo palo	: 300 daN/cm <sup>2</sup>
Modulo elastico calcestruzzo palo	: 312202 daN/cm <sup>2</sup>
Verifiche sismiche condotte in campo sostanzialmente elastico	
EpsS% max	: 0.186 %
EpsC% max	: 0.2 %

### Sollecitazioni in testa al palo

Vengono elencate in forma tabellare le sollecitazioni del palo nel nodo di collegamento con la mensola di fondazione. Per ogni palo della fila viene data la sollecitazione per ogni combinazione di carico presente. La posizione del palo nella fila viene indicata tramite la distanza rispetto alla sezione iniziale del muro. I valori momento e taglio sono specificati in valore assoluto.

Pos	Comb	N	M	T
cm		daN	daN cm	daN
50	1	-10793	154099	1701
50	2	-11831	164720	1790
50	3	-8658	130735	1482
50	4	-8185	124839	1433
50	5	-5051	62553	778
50	6	-11312	159426	1745
50	7	-6610	81621	963
50	8	-12865	175101	1877
50	9	-6803	116892	1182
50	10	-14359	242750	2170
50	11	-7829	115452	1339
50	12	-7510	110708	1292
50	13	-5051	62553	778
50	14	-6301	83572	1002
170	1	-10806	154035	1701
170	2	-11845	164653	1789
170	3	-8669	130694	1481
170	4	-8196	124799	1433
170	5	-5059	62537	778
170	6	-11326	159361	1745
170	7	-6620	81600	963
170	8	-12880	175031	1877
170	9	-6812	116869	1182
170	10	-14372	242673	2170
170	11	-7839	115416	1339
170	12	-7520	110673	1291
170	13	-5059	62537	778
170	14	-6310	83546	1002
290	1	-10821	153985	1701
290	2	-11861	164601	1789
290	3	-8681	130667	1481
290	4	-8207	124773	1433
290	5	-5068	62536	778
290	6	-11341	159310	1745
290	7	-6631	81597	963
290	8	-12897	174978	1877
290	9	-6821	116860	1182
290	10	-14386	242604	2170
290	11	-7851	115398	1339
290	12	-7532	110655	1291
290	13	-5068	62536	778
290	14	-6321	83535	1002
410	1	-10843	153878	1700
410	2	-11883	164488	1789

410	3	-8699	130597	1481
410	4	-8224	124706	1432
410	5	-5081	62506	778
410	6	-11364	159200	1744
410	7	-6647	81559	963
410	8	-12922	174859	1876
410	9	-6835	116823	1182
410	10	-14407	242481	2169
410	11	-7869	115337	1338
410	12	-7548	110596	1291
410	13	-5081	62506	778
410	14	-6336	83490	1001

Riepilogo delle verifiche eseguite sul palo: tutte le verifiche risultano soddisfatte

### Verifica di capacità portante

Combinazione con FS minimo per capacità portante : comb. STR-4  
Area base : 380 cm<sup>2</sup>  
Perimetro base : 69 cm  
Peso proprio del palo : 1457 daN  
Verifica peggiore per condizioni : drenate  
Pressione limite in punta : 10 daN/cm<sup>2</sup>

### Contributi degli strati alla capacità portante del palo

Quota media cm	Sigma vert. daN/cm <sup>2</sup>	Superficie cm <sup>2</sup>	Portanza daN
-685	1.27	87776	32939
-1320	2.54	380	3801

Portanza laterale totale : 32939 daN  
Portanza in punta : 3801 daN  
Portanza totale calcolata : 36740 daN  
Coefficiente azioni permanenti : 1.3  
Coefficiente parziale sulla portanza laterale : 1.15  
Coefficiente parziale sulla portanza alla punta : 1.35  
Fattore di correlazione : 1.65  
Carico verticale in testa palo : -12922 daN (comb. STR-4)  
Peso proprio di progetto del palo : 1894 daN  
Carico di progetto del palo : 14816 daN  
Resistenza di progetto del palo : 19066 daN  
Fattore di sicurezza minimo (in comb. STR-4) : 1.29  
Verifica di capacità portante soddisfatta

### Verifica di resistenza del micropalo

Posizione palo da sezione iniziale : 50 cm  
Profondità D (da fondo suola) : 25 cm  
Combinazione di calcolo : comb.STR-4  
Momento : 128170 daN\*cm  
Sforzo normale : -12853 daN  
Taglio : 1837 daN  
1 / Coeff.sicurezza a pressoflessione : 0.28  
1 / Coeff.sicurezza a taglio : 0.04  
Verifica di resistenza del micropalo soddisfatta

### Verifica a punzonamento

Perimetro punzonante : 365.4 cm  
Altezza utile : 45 cm  
Combinazione di calcolo : comb.STR-4  
Carico punzonante : 12910 daN  
Beta di posizione : 1.4  
Vsd : 18073 daN  
VRdc : 120987 daN

VRdmax : 50667 daN  
 Sagomati richiesti : 0 cm<sup>2</sup>  
 Verifica a punzonamento soddisfatta

## 14.2 Fila di pali n.2

Tipologia: micropalo tubolare iniettato con cls  
 Materiale del tubolare in acciaio : S355  
 Resistenza del tubolare in acciaio : 3550 daN/cm<sup>2</sup>  
 Diametro esterno del tubolare in acciaio : 12.7 cm  
 Spessore del tubolare : 10 mm  
 Diametro di perforazione : 22 cm  
 Lunghezza esterna : 1270 cm  
 Interasse tra pali : 120 cm  
 Spostamento dal bordo sinistro : 135 cm  
 Sfalsamento rispetto a sezione iniziale : 50 cm  
 Inclinazione : 0 °  
 Rck calcestruzzo palo : 300 daN/cm<sup>2</sup>  
 Modulo elastico calcestruzzo palo : 312202 daN/cm<sup>2</sup>  
 Verifiche sismiche condotte in campo sostanzialmente elastico  
 EpsS% max : 0.186 %  
 EpsC% max : 0.2 %

### **Sollecitazioni in testa al palo**

Vengono elencate in forma tabellare le sollecitazioni del palo nel nodo di collegamento con la mensola di fondazione. Per ogni palo della fila viene data la sollecitazione per ogni combinazione di carico presente. La posizione del palo nella fila viene indicata tramite la distanza rispetto alla sezione iniziale del muro. I valori momento e taglio sono specificati in valore assoluto.

<b>Pos</b>	<b>Comb</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>T</b>
cm		daN	daN cm	daN
50	1	-449	227154	3448
50	2	-1169	246671	3731
50	3	-1455	178040	2672
50	4	-1262	167080	2515
50	5	-3728	73621	1080
50	6	-809	236928	3589
50	7	-4803	100179	1452
50	8	-1891	266045	4015
50	9	-2123	140437	1744
50	10	2487	371853	4675
50	11	-2052	150357	2254
50	12	-1925	143783	2159
50	13	-3728	73621	1080
50	14	-3146	104463	1552
170	1	-457	227170	3448
170	2	-1177	246695	3731
170	3	-1463	178068	2673
170	4	-1269	167105	2516
170	5	-3737	73660	1080
170	6	-817	236948	3590
170	7	-4814	100228	1453
170	8	-1902	266077	4016
170	9	-2131	140463	1744
170	10	2481	371849	4675
170	11	-2060	150387	2254
170	12	-1933	143812	2160
170	13	-3737	73660	1080
170	14	-3154	104497	1552
290	1	-463	227175	3449
290	2	-1186	246705	3732

290	3	-1470	178090	2673
290	4	-1276	167124	2516
290	5	-3746	73690	1081
290	6	-824	236956	3590
290	7	-4826	100266	1453
290	8	-1912	266093	4016
290	9	-2139	140483	1744
290	10	2476	371830	4675
290	11	-2068	150409	2255
290	12	-1940	143832	2160
290	13	-3746	73690	1081
290	14	-3163	104522	1553
410	1	-474	227220	3449
410	2	-1200	246765	3733
410	3	-1482	178153	2674
410	4	-1287	167181	2517
410	5	-3759	73764	1082
410	6	-837	237009	3591
410	7	-4844	100359	1454
410	8	-1929	266169	4017
410	9	-2151	140538	1745
410	10	2467	371851	4676
410	11	-2080	150473	2256
410	12	-1952	143892	2161
410	13	-3759	73764	1082
410	14	-3177	104589	1553

Riepilogo delle verifiche eseguite sul palo: tutte le verifiche risultano soddisfatte

### Verifica di capacità portante

Combinazione con FS minimo per capacità portante : comb. STR-3  
Area base : 380 cm<sup>2</sup>  
Perimetro base : 69 cm  
Peso proprio del palo : 1457 daN  
Verifica peggiore per condizioni : drenate  
Pressione limite in punta : 10 daN/cm<sup>2</sup>

Contributi degli strati alla capacità portante del palo

Quota media cm	Sigma vert. daN/cm <sup>2</sup>	Superficie cm <sup>2</sup>	Portanza daN
-685	1.27	87776	32939
-1320	2.54	380	3801

Portanza laterale totale : 32939 daN  
Portanza in punta : 3801 daN  
Portanza totale calcolata : 36740 daN  
Coefficiente azioni permanenti : 1.3  
Coefficiente parziale sulla portanza laterale : 1.15  
Coefficiente parziale sulla portanza alla punta : 1.35  
Fattore di correlazione : 1.65  
Carico verticale in testa palo : -4844 daN (comb. STR-3)  
Peso proprio di progetto del palo : 1894 daN  
Carico di progetto del palo : 6738 daN  
Resistenza di progetto del palo : 19066 daN  
Fattore di sicurezza minimo (in comb. STR-3) : 2.83  
Verifica di capacità portante soddisfatta

### Verifica di resistenza del micropalo

Posizione palo da sezione iniziale : 410 cm  
Profondità D (da fondo suola) : 25 cm  
Combinazione di calcolo : comb.STR-4

Momento	: 165738 daN*cm
Sforzo normale	: -1844 daN
Taglio	: 3176 daN
1 / Coeff.sicurezza a pressoflessione	: 0.36
1 / Coeff.sicurezza a taglio	: 0.07
Verifica di resistenza del micropalo soddisfatta	

## Verifica a punzonamento

Perimetro punzonante	: 360 cm
Altezza utile	: 45 cm
Combinazione di calcolo	: comb.STR-3
Carico punzonante	: 4678 daN
Beta di posizione	: 1.4
Vsd	: 6549 daN
VRdc	: 119199 daN
VRdmax	: 50667 daN
Sagomati richiesti	: 0 cm <sup>2</sup>
Verifica a punzonamento soddisfatta	

