

A.R.S.T.  
Trasporti Regionali della Sardegna



Messa in sicurezza e ripristino di parte del muro  
perimetrale del deposito automobilistico di Ozieri

## PROGETTO ESECUTIVO

Progetto:

ARCH. LUCIO ORTU  
ING. CARLO PILLOLA  
ING. FAUSTO CUBONI  
ING. ANDREA FERRANDO

Consulente per le Strutture:

ING. FABRIZIO NAPOLEONE

Il Responsabile del Procedimento

Ing. Ernesto Porcu

Collaboratori:

ARCH. STEFANO LECCA  
ARCH. FEDERICO ARU  
ARCH. MICHELA SERRA  
ARCH. CARLA BANGONI

Codice elaborato:		Titolo dell'elaborato:		Formato:	Scale:
A.3		Relazione di calcolo strutturale		A4	
Revisione	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Approvazione
0	02/04/2020	Consegna	F.N. T.D.	F.C.	L.O. C.P.
1					
2					
Protocollo	Data	Sostituisce		Firma	

**STUDIO DI ARCHITETTURA ORTU, PILLOLA E ASSOCIATI**

Via Francoforte 13 - 09129 Cagliari - Tel. 070 0990067 - fax 1782237515 - email: studio@ortupillola.it - PEC: studio@pec.ortupillola.it - P.IVA 02589620927

studio di  
architettura  
ortu pillola  
e associati

## 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>

Identificatore licenza: WP-8359875

Intestatario della licenza: ING. FABRIZIO NAPOLEONE, VIA CHIARA LUBICH, 32 CAGLIARI

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 rigidezza 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.

## Verifica 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:

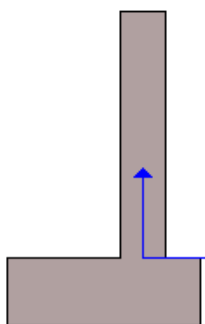
Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) Cap.4

## 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 (esprese in centimetri) positive verso destra

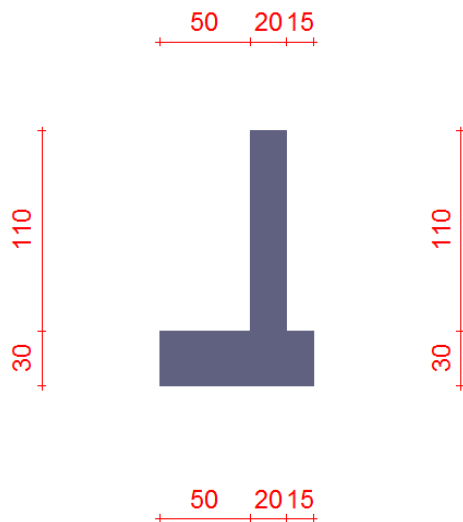
Ordinate Y (esprese in centimetri) positive verso l'alto

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	: 85 cm
Altezza totale del muro	: 140 cm
Peso specifico del muro	: 2500 daN/m <sup>3</sup>
Peso specifico delle falde	: 1000 daN/m <sup>3</sup>

#### Paramento

Base inf.	: 20 cm
Base sup.	: 20 cm
Altezza	: 110 cm
Disassamento	: 0 cm

#### Mensola sinistra in fondazione

Larghezza	: 50 cm
Alt.interna	: 30 cm
Alt.esterna	: 30 cm
Disassamento	: 0 cm

#### Zoccolo centrale in fondazione

Larghezza	: 20 cm
Altezza a sx	: 30 cm
Altezza a dx	: 30 cm
Sfalsamento	: 0 cm

#### Mensola destra in fondazione

Larghezza	: 15 cm
Alt.interna	: 30 cm
Alt.esterna	: 30 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	Terreno a monte	2150	1950	35,00	0,000	0,000	0,00	1,00	1,00	0,43	900	345	3,30E-03
2	Terreno di sedime	2000	1800	30,00	0,000	0,000	0,00	1,00	1,00	0,50	400	154	3,30E-03

## 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: Terreno a monte

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	1	10	110
2	2	1930	110

### Strato n.2, materiale sottostante: Terreno di sedime

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	3	25	0
2	4	1930	0

### Strato n.3, materiale sottostante: Terreno di sedime

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	5	-1980	0

2	6	-60	0
---	---	-----	---

**Strato n.4, materiale sottostante: Terreno di sedime**

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	-	-60	-30
2	-	-10	-30
3	-	10	-30
4	-	25	-30

**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.

**Carico n.1**

Tipo di carico: concentrato

Punto di inserimento:

X (asse X globale): 0 cm

Y (asse Z globale): 110 cm

Condizione: Permanenti

Componente Fx: 0,00 daN/cm

Componente Fy: -10,00 daN/cm

Condizione: Variabili

Componente Fx: 0,00 daN/cm

Componente Fy: 0,00 daN/cm

**Carico n.2**

Tipo di carico: coppia

Punto di inserimento:

X (asse X globale): 0 cm

Y (asse Z globale): 110 cm

Condizione: Permanenti

Valore: 303,00 daN cm/cm

Condizione: Variabili

Valore: 0,00 daN cm/cm

**6.1 Carichi uniformi**

Comp.permanente di carico uniforme a monte

: -0.025 daN/cm<sup>2</sup>

Comp.variabile di carico uniforme a monte : -0.12 daN/cm<sup>2</sup>

## 7 METODI DI CALCOLO DELLE AZIONI E DELLE VERIFICHE

Metodo di calcolo della spinta del terreno : Coulomb  
Metodo di calcolo della portanza del terreno : Terzaghi  
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: Sassari, Ozieri

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: 0.05 g

Categoria del suolo di fondazione: A

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.5

Coefficiente di amplificazione topografica: 1

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 trascurato.

### 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  $a_g$ .

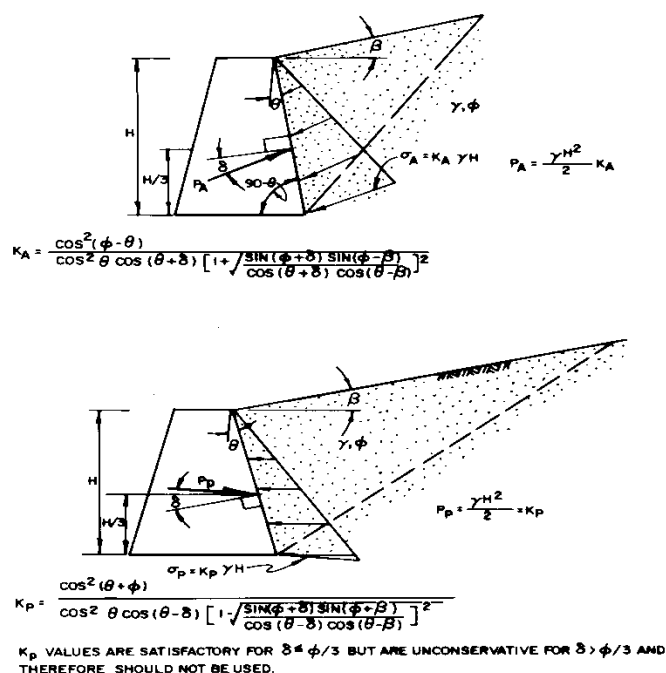
Il coefficiente  $S_S$  di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di  $S_S$  sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.IV.

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 Coulomb fa uso del *metodo dell'equilibrio limite* e considera l'equilibrio globale del cuneo di spinta alle spalle del muro di sostegno sottoposto alla forza nota del peso proprio ed alle due forze, note solo in direzione, costituite dalla reazione del terreno lungo la superficie di scorrimento e dalla spinta attiva agente sul paramento del muro.



Le ipotesi che stanno alla base del metodo, nella generalizzazione analitica di Muller/Breslau, sono:

1. Terreno isotropo, omogeneo e dotato di attrito e/o coesione.
2. Terreno che, a causa degli spostamenti del muro, si trova in uno stato di equilibrio plastico.
3. Superficie di rottura piana.
4. Superficie superiore del cuneo anche inclinata ma di forma piana.
5. La resistenza per attrito e per coesione si sviluppa uniformemente lungo la superficie di rottura.
6. Può esistere attrito tra paramento del muro e terreno, che si sviluppa al primo spostamento del muro.
7. Il paramento del muro può essere inclinato ma non spezzato in più parti.

Scrivendo le equazioni di equilibrio lungo la superficie di rottura unitamente alla condizione di rottura sopra menzionata e massimizzando la spinta derivante dal calcolo al variare dell'angolo si perviene all'equazione della spinta attiva:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot K_a$$

dove  $K_a$  è il coefficiente di spinta attiva, usualmente scritto in funzione della geometria del problema in una delle varie forme presenti in letteratura, ad esempio la seguente:

$$K_a = \frac{1}{\sin(\vartheta - \delta)} \cdot \frac{\sin^2(\vartheta + \varphi)}{\left[ \sin \vartheta \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\vartheta - \delta) \cdot \sin(\vartheta + \varepsilon)}} \right) \right]^2}$$

I simboli usati in questa formulazione sono:

$\theta$  = angolo che il paramento del muro forma con l'orizzontale.

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

$\varepsilon$  = angolo che il profilo del terrapieno forma con l'orizzontale.

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

Utilizzando la medesima formulazione della spinta attiva e minimizzando la spinta conseguente al variare dell'angolo, si perviene all'equazione della spinta passiva:

$$P_p = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot K_p$$

dove  $K_p$  è il coefficiente di spinta passiva, usualmente scritto in funzione della geometria del problema in una delle varie forme presenti in letteratura, ad esempio la seguente:

$$K_p = \frac{1}{\sin(\vartheta - \delta)} \cdot \frac{\sin^2(\vartheta + \phi)}{\left[ \sin \vartheta \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon)}{\sin(\vartheta - \delta) \cdot \sin(\vartheta + \varepsilon)}} \right) \right]^2}$$

I simboli usati in questa formulazione sono gli stessi del caso attivo.

Questa teoria ci fornisce il valore in modulo della spinta, attiva o passiva, la sua direzione, normale al paramento ma incrementata dell'angolo di attrito  $\delta$  (muro-terreno), ed il punto di applicazione, posto a 2/3 della profondità considerata (quindi ad 1/3 dell'altezza del muro partendo dalla base, indipendentemente dall'inclinazione del paramento).

### 7.3 Descrizione del metodo di calcolo della portanza

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Terzaghi per la quale risulta

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

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

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

$c$  = coesione dello strato di fondazione;

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

$N_c, N_q, N_\gamma$  = fattori di capacità portante;

$s_c, s_\gamma$  = fattori di forma della fondazione;

Per la teoria di Terzaghi i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg \varphi ; \quad N_q = \frac{e^{2 \cdot (0.75 \cdot \pi - \varphi/2) \cdot tg \varphi}}{2 \cdot \cos^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)} ; \quad N_y = \frac{tg \varphi}{2} \cdot \left( \frac{K_{py}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

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

$K_{py}$  è un valore empirico che Terzaghi non ha mai definito in modo chiaro. Nel calcolo viene impiegato un valore interpolato linearmente dalla seguente tabella ( $\phi / K_{py}$ ), ricavata da Bowles interpretando i fattori di capacità portante di Terzaghi a ritroso: 0°/10.8; 5°/12.2; 10°/14.7; 15°/18.6; 20°/25; 25°/35; 30°/52; 35°/82; 40°/141; 45°/298; 50°/800;

I fattori di forma  $s_c$  ed  $s_y$  valgono 1 per la fondazione nastriforme.

\* La formula di Terzaghi non considera gli effetti dell'inclinazione del carico, del piano di posa e del piano campagna.

## 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	10	10	110	0	1	EQU-1	0.27
1	10	10	110	0	2	EQU-2	0.27
1	10	10	110	0	3	EQU-3	0.29
1	10	10	110	0	4	EQU-4	0.29
1	10	10	110	0	5	STR-1	0.27
1	10	10	110	0	6	STR-2	0.27
1	10	10	110	0	7	STR-3	0.27
1	10	10	110	0	8	STR-4	0.27
1	10	10	110	0	9	GEO-1	0.34
1	10	10	110	0	10	GEO-2	0.34
1	10	10	110	0	11	SIS-1	0.29
1	10	10	110	0	12	SIS-2	0.29
1	10	10	110	0	13	SLE-1	0.27
1	10	10	110	0	14	SLE-2	0.27

Coefficienti di spinta sul filo mensola a monte			
Strato	Tratto di calcolo		Coefficiente

N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K <sub>a</sub>
1	25	25	110	0	1	EQU-1	0.27
2	25	25	0	-30	1	EQU-1	0.33
1	25	25	110	0	2	EQU-2	0.27
2	25	25	0	-30	2	EQU-2	0.33
1	25	25	110	0	3	EQU-3	0.29
2	25	25	0	-30	3	EQU-3	0.36
1	25	25	110	0	4	EQU-4	0.29
2	25	25	0	-30	4	EQU-4	0.36
1	25	25	110	0	5	STR-1	0.27
2	25	25	0	-30	5	STR-1	0.33
1	25	25	110	0	6	STR-2	0.27
2	25	25	0	-30	6	STR-2	0.33
1	25	25	110	0	7	STR-3	0.27
2	25	25	0	-30	7	STR-3	0.33
1	25	25	110	0	8	STR-4	0.27
2	25	25	0	-30	8	STR-4	0.33
1	25	25	110	0	9	GEO-1	0.34
2	25	25	0	-30	9	GEO-1	0.41
1	25	25	110	0	10	GEO-2	0.34
2	25	25	0	-30	10	GEO-2	0.41
1	25	25	110	0	11	SIS-1	0.29
2	25	25	0	-30	11	SIS-1	0.35
1	25	25	110	0	12	SIS-2	0.29
2	25	25	0	-30	12	SIS-2	0.35
1	25	25	110	0	13	SLE-1	0.27
2	25	25	0	-30	13	SLE-1	0.33
1	25	25	110	0	14	SLE-2	0.27
2	25	25	0	-30	14	SLE-2	0.33

Coefficienti 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	60	60	0	-30	1	EQU-1	3

1	60	60	0	-30	2	EQU-2	3
1	60	60	0	-30	3	EQU-3	2.93
1	60	60	0	-30	4	EQU-4	2.93
1	60	60	0	-30	5	STR-1	3
1	60	60	0	-30	6	STR-2	3
1	60	60	0	-30	7	STR-3	3
1	60	60	0	-30	8	STR-4	3
1	60	60	0	-30	9	GEO-1	2.44
1	60	60	0	-30	10	GEO-2	2.44
1	60	60	0	-30	11	SIS-1	2.95
1	60	60	0	-30	12	SIS-2	2.95
1	60	60	0	-30	13	SLE-1	3
1	60	60	0	-30	14	SLE-2	3

## 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 ( $VX_1$ ,  $VY_1$ ) sino ad un valore ( $VX_2$ ,  $VY_2$ ). 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			
	$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$
1	10	110	10	0	-0.05	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.11	0

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

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$
1	10	110	10	0	-0.06	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.12	0

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

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$	$V_{X1}$	$V_{Y1}$	$V_{X2}$	$V_{Y2}$
1	10	110	10	0	-0.02	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.08	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.02	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.08	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.01	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.06	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.06	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.11	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.01	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.08	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.06	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.13	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.01	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.08	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.06	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.14	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.02	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.08	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.02	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.08	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.01	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.06	0

**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>	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	10	110	10	0	-0.02	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.07	0

**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	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-9	17	0	-10.69
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-2.9
Spinta del terreno a monte	0	28	-13.11	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	2.19	0
Carichi applicati al muro	0	0	0	-9
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-3.04

**9.1.2 Combinazione di carico EQU-2**

Descrizione	$x_p$	$y_p$	$F_x$	$F_y$
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-9	17	0	-13.06
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-3.54
Spinta del terreno a monte	0	27	-14.43	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	2.67	0
Carichi applicati al muro	0	0	0	-11
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-3.11

**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	-9	17	0	-11.88
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-3.22
Spinta del terreno a monte	0	21	-8.88	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	2.42	0
Carichi applicati al muro	0	110	-0.43	-10.21
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-0.92
Forza di inerzia dovuta al muro	-9	17	-0.51	-0.25
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	18	55	-0.14	-0.07

**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	-9	17	0	-11.88
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-3.22
Spinta del terreno a monte	0	21	-8.53	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	2.32	0
Carichi applicati al muro	0	110	-0.43	-9.79
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-0.92

Forza di inerzia dovuta al muro	-9	17	-0.51	0.25
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	18	55	-0.14	0.07

### 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	-9	17	0	-11.88
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-3.22
Spinta del terreno a monte	0	18	-6.61	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	2.43	0
Carichi applicati al muro	0	0	0	-10
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-0.38

### 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	-9	17	0	-11.88
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-3.22
Spinta del terreno a monte	0	28	-13.77	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	2.43	0
Carichi applicati al muro	0	0	0	-10
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-3.08

### 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	-9	17	0	-15.44
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-4.18
Spinta del terreno a monte	0	18	-8.59	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	3.16	0
Carichi applicati al muro	0	0	0	-13
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-0.49

### 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	-9	17	0	-15.44
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-4.18
Spinta del terreno a monte	0	27	-15.75	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	3.16	0
Carichi applicati al muro	0	0	0	-13
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-3.19

### 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	-9	17	0	-11.88
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-3.22
Spinta del terreno a monte	0	21	-8.59	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	2.43	0
Carichi applicati al muro	0	110	-0.29	-10.14
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-0.92
Forza di inerzia dovuta al muro	-9	17	-0.34	-0.17
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	18	55	-0.09	-0.05

### 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	-9	17	0	-11.88
Peso proprio del terreno/acqua a monte	18	55	0	-3.22
Spinta del terreno a monte	0	21	-8.36	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	2.36	0
Carichi applicati al muro	0	110	-0.29	-9.86
Carichi su terreno a monte	18	0	0	-0.92
Forza di inerzia dovuta al muro	-9	17	-0.34	0.17
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	18	55	-0.09	0.05

## 10 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE

### 10.1 Tensioni trasmesse sul terreno

Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio	: 0
Pressione limite sul terreno per abbassamento	: 3 daN/cm <sup>2</sup>
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	: 21.6 cm (comb. STR-2)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (STR-4)	: 676 daN cm (comb. STR-4)
Larghezza reagente minima in fondazione	: 63 cm (comb. STR-2)
Tensione max sul terreno allo spigolo di valle (STR-4)	: 1.01 daN/cm <sup>2</sup> (comb. STR-4)
Tensione max sul terreno allo spigolo di monte (STR-3)	: 0.15 daN/cm <sup>2</sup> (comb. STR-3)

### 10.2 Verifica allo scorrimento sul piano di posa

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore:	STR-2
Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine)	
Moltiplicatore spinta passiva per traslazione	: 0.5
Coefficiente di attrito caratteristico terreno-fondazione	: 0.58
Coefficiente di attrito di progetto terreno-fondazione	: 0.58
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	: 28 daN
Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione	: 1 daN

Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione : 14 daN  
 Coefficiente parziale gammaR scorrimento : 1.1  
 Coefficiente limite verifica alla traslazione : 1  
 Coefficiente di sicurezza alla traslazione : 1.15

### 10.3 Verifica a ribaltamento

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: EQU-1  
 Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento : 0  
 Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle : 1039 daN cm  
 Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle : -1541 daN cm  
 Coefficiente parziale gammaR ribaltamento : 1.15  
 Coefficiente limite verifica al ribaltamento : 1  
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento : 1.29

### 10.4 Verifica di collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: STR-2  
 Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine)  
 Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno : 0  
 Inclinazione media del pendio circostante la fondazione : 0 °  
 Profondità del piano di posa : 30 cm  
 Sovraccarico agente sul piano di posa : 0.054 daN/cm<sup>2</sup>  
 Angolo di attrito di progetto del suolo di fondazione : 30 °  
 Peso specifico di progetto del suolo di fondazione : 0.0018 daN/cm<sup>3</sup>  
 Inclinazione della risultante rispetto alla normale : 26.1 °  
 Base efficace : 42 cm  
 Carico tangenziale al piano di posa : 13.8 daN/cm  
 Carico di progetto della fondazione (normale al P.P.) : 28.2 daN/cm  
 Carico ultimo della fondazione : 81.5 daN/cm  
 Lunghezza Fondazione per verifica carico limite : 1000 cm  
 Coefficiente parziale gammaR carico limite : 1.4  
 Coefficiente limite verifica al carico limite : 1  
 Coefficiente di sicurezza al carico limite : 2.07

Tabella dei coefficienti di capacità portante

Coefficienti	Coesione	Sovraccarico	Attrito
Coefficienti di capacità portante	N <sub>c</sub> = 37	N <sub>q</sub> = 22	N <sub>γ</sub> = 20

## 11 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: GEO-2  
 Metodo di analisi di stabilità del pendio : Bishop  
 Passo dei conci : 100 cm  
 Coefficiente di stabilità globale pendio : 1.58  
 Coefficiente limite suggerito dalla normativa : 1.1  
 X centro della superficie critica : -43 cm  
 Y centro della superficie critica : 176 cm  
 Raggio della superficie critica : 280 cm  
 Forza di bilancio : 23.53 daN/cm  
 Volume spostato dalla superficie critica : 5.36 m<sup>3</sup>/m  
 Peso spostato dalla superficie critica : 10293 daN/m

STABILITÀ DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP

Combinazione GEO-1

Conc io	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minst
1	-38	127	0	0.46	-194	-26	151	7	0	7	0	1386	-1205
2	-14.2	104	0	0.46	-108	-46	65	17	0	17	0	2332	-1136
3	1.6	50	0	0.46	-35	-48	8	10	0	10	0	1325	82
4	8.8	20	0	0.46	0	12	43	10	9	19	0	2374	805
5	12.5	15	0	0.46	17	7	60	6	1	7	0	859	411
6	25.5	111	0	0.46	73	20	116	34	3	37	0	4862	4515
7	44	69	0	0.46	149	43	192	13	1	14	0	2082	2732
8	62.2	109	0	0.56	194	73	237	6	1	7	0	1647	1827
9	74.9	14	0	0.56	227	105	270	0	0	0	0	44	39
		619						103	15	118		16912	8070

Coefficiente di sicurezza FS = 2.1

## STABILITÀ DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP

## Combinazione GEO-2

Conc io	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minst
1	-38	127	0	0.46	-194	-26	151	7	0	7	0	1487	-1205
2	-14.2	104	0	0.46	-108	-46	65	17	0	17	0	2378	-1136
3	1.6	50	0	0.46	-35	-48	8	10	0	10	0	1323	82
4	8.8	20	0	0.46	0	12	43	10	9	19	0	2348	805
5	12.5	15	0	0.46	17	7	60	6	3	9	0	1138	552
6	25.5	111	0	0.46	73	20	116	34	19	53	0	6683	6399
7	44	69	0	0.46	149	43	192	13	9	22	0	3057	4239
8	62.2	109	0	0.56	194	73	237	6	9	15	0	3072	3783
9	74.9	14	0	0.56	227	105	270	0	1	1	0	190	197
		619						103	50	153		21677	13715

Coefficiente di sicurezza FS = 1.58

## STABILITÀ DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP

## Combinazione SIS-1

Con cio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minst
1	-38	127	0	0.58	-194	-26	151	7	0	7	0	1794	-1193
2	-14.2	104	0	0.58	-108	-46	65	17	0	17	0	2960	-1090
3	1.6	50	0	0.58	-35	-48	8	10	0	10	0	1668	117
4	8.8	20	0	0.58	0	12	43	10	9	19	0	2977	857
5	12.5	15	0	0.58	17	7	60	6	1	7	0	1161	466
6	25.5	111	0	0.58	73	20	116	34	7	41	0	6632	5083

7	44	69	0	0.58	149	43	192	13	3	16	0	2891	3134
8	62.2	109	0	0.7	194	73	237	6	3	9	0	2479	2310
9	74.9	14	0	0.7	227	105	270	0	0	0	0	100	77
		619						103	23	127		22662	9760

Coefficiente di sicurezza FS = 2.32

## STABILITÀ DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP

Combinazione SIS-2

Con cio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minst
1	-38	127	0	0.58	-194	-26	151	7	0	7	0	1767	-1175
2	-14.2	104	0	0.58	-108	-46	65	17	0	16	0	2916	-1073
3	1.6	50	0	0.58	-35	-48	8	10	0	10	0	1643	116
4	8.8	20	0	0.58	0	12	43	10	9	19	0	2932	845
5	12.5	15	0	0.58	17	7	60	6	1	7	0	1144	459
6	25.5	111	0	0.58	73	20	116	34	7	41	0	6533	5009
7	44	69	0	0.58	149	43	192	13	3	16	0	2848	3088
8	62.2	109	0	0.7	194	73	237	6	3	9	0	2442	2276
9	74.9	14	0	0.7	227	105	270	0	0	0	0	99	75
		619						103	23	125		22323	9620

Coefficiente di sicurezza FS = 2.32

**12 PARAMETRI PER DIMENSIONAMENTO ARMATURA**

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

Rck (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo) : 300 daN/cm<sup>2</sup>  
 Modulo elastico longitudinale Ec : 314472 daN/cm<sup>2</sup>  
 Rapporto Ea/Ec per calcolo tensioni in esercizio : 15  
 Rapporto Ea/Ec per calcolo ampiezza fessure : 7  
 Fyk (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 Beta2 per calcolo ampiezza fessure : 0.5  
 Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza : 0.7  
 fct,eff/fctm per calcolo ampiezza fessure : 0.83  
 Limite sigmac/fck : 0.45  
 Limite sigmaf/fyk : 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

Eps% 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<sub>s</sub>: area efficace dello strato superiore per metroC<sub>s</sub>: copriferro medio dello strato superioreA<sub>i</sub>: area efficace dello strato inferiore per metroC<sub>i</sub>: copriferro medio dello strato inferiorev<sub>mi</sub>: soddisfacimento delle percentuali minime di armaturaC<sub>res</sub>: combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione rettaM<sub>d</sub>: momento di calcoloN<sub>d</sub>: sforzo normale di calcoloM<sub>u</sub>: momento ultimoN<sub>u</sub>: sforzo normale ultimo

c.s.: coefficiente di sicurezza

v<sub>res</sub>: soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

c<sub>es</sub>: combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione rettaM<sub>e</sub>: momento in esercizioN<sub>e</sub>: sforzo normale in esercizioσ<sub>f</sub>: trazione massima sull'armaturaσ<sub>c</sub>: compressione massima sul calcestruzzov<sub>es</sub>: soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione rettac<sub>f</sub>: combinazione di carico critica per la verifica di fessurazioneM<sub>f</sub>: momento di calcolo per la verifica di fessurazioneN<sub>f</sub>: sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazioneS<sub>rm</sub>: interasse delle fessureW<sub>k</sub>: ampiezza caratteristica delle fessurev<sub>f</sub>: soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

c<sub>f</sub>: combinazione di carico critica per la verifica a taglioV<sub>Sd</sub>: taglio di calcoloV<sub>Rdc</sub>: taglio resistente in assenza di armatura a taglioV<sub>Rdmax</sub>: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresseV<sub>Rds</sub>: taglio resistente in presenza di armatura a tagliov<sub>f</sub>: soddisfacimento verifica taglio**Paramento (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>mi</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	20	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	STR-4	89468	-2015	428331	-9647	4.79	ok
0	30	20	9.5	3.6	9.5	3.6	ok	STR-4	63679	-1820	432307	19169	6.79	ok
0	60	20	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	STR-4	48019	-1625	472219	-15981	9.83	ok
0	90	20	3.8	3.6	3.8	3.6	no	STR-4	40633	-1430	345433	-12158	8.5	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>f</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	20	SLE-2	52023	-1550	482	-15	ok	SLE-2	52023	-1550	-	-	ok
0	30	20	SLE-2	40099	-1400	220	-9	ok	SLE-2	40099	-1400	-	-	ok
0	60	20	SLE-2	33467	-1250	288	-10	ok	SLE-2	33467	-1250	-	-	ok
0	90	20	SLE-2	30701	-1100	387	-10	ok	SLE-2	30701	-1100	-	-	ok

X	Y	H	$c_t$	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	$v_t$
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	20	STR-4	-1049	8349	-	-	ok
0	30	20	STR-4	-681	9817	-	-	ok
0	60	20	STR-4	-374	8301	-	-	ok
0	90	20	STR-4	-129	8277	-	-	ok

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

X	Y	H	$A_s$	$C_s$	$A_l$	$C_l$	$v_{ml}$	$c_{res}$	$M_d$	$N_d$	$M_u$	$N_u$	c.s.	$v_{res}$
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		
-30	-15	30	5.7	3.6	7.3	3.8	ok	STR-4	34673	0	722446	0	20.8	ok
-10	-15	30	5.7	3.6	7.7	3.8	ok	STR-4	84429	0	756099	0	8.96	ok

X	Y	H	$c_{es}$	$M_e$	$N_e$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$v_{es}$	$c_f$	$M_f$	$N_f$	$S_{rm}$	$W_k$	$v_f$
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	
-30	-15	30	SLE-2	18933	0	108	-2	ok	SLE-2	18933	0	-	-	ok
-10	-15	30	SLE-2	47727	0	259	-6	ok	SLE-2	47727	0	-	-	ok

X	Y	H	$c_t$	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	$v_t$
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
-30	-15	30	STR-4	2098	11736	-	-	ok
-10	-15	30	STR-4	2783	11736	-	-	ok

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

X	Y	H	$A_s$	$C_s$	$A_l$	$C_l$	$v_{ml}$	$c_{res}$	$M_d$	$N_d$	$M_u$	$N_u$	c.s.	$v_{res}$
cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm			daN cm	daN		daN cm		

X	Y	H	$c_{es}$	$M_e$	$N_e$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$v_{es}$	$c_f$	$M_f$	$N_f$	$S_{rm}$	$W_k$	$v_f$
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN cm	daN	cm	mm	

X	Y	H	$c_t$	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	$v_t$
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	