



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
AGENZIA PROVINCIALE OPERE PUBBLICHE
SERVIZIO OPERE STRADALI E FERROVIARIE

OGGETTO: OPERA S-1119

Lavori concernenti l'intervento di sistemazione e adeguamento delle
fermate TPL in Val di Fiemme

CUP: C25F25000080003

FASE PROGETTO:

PROGETTO ESECUTIVO

CATEGORIA:

110 - RELAZIONI

TITOLO TAVOLA :

RELAZIONE DI CALCOLO

FASE PROGETTO :

E

TIPO ELAB. :

R

CATEGORIA :

110

PARTE D'OPERA :

N° PROGR.

15

REVISIONE :

SCALA :

-

REDAZIONE :

DATA REDAZIONE :

Aprile 2025

PROGETTAZIONE :

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE
DI PROGETTAZIONE:

Visto ! IL SOSTITUTO DIRETTORE
DELL'UFFICIO INFRASTRUTTURE
FERROVIARIE

ing. Marco Sontacchi

Ing. Marco Sontacchi

ing. Nicola Simoni

COLLABORATORE alla PROGETTAZIONE:

RILIEVI TOPOGRAFICI :

Visto ! IL DIRIGENTE:

Ing. Davide Coelli

Geom. geom Forti saverio

geom. Claudio Decarli

Geom. geom. Luigi Rattin

Dott. Ing. Carlo Benigni

RELAZIONE GEOLOGICA

Dott. Riccardo Campana



NOME FILE :

PLOTTAGGIO :

N. P.A.T. :

COPIA N.

Indice generale

<u>1 Descrizione del software</u>	2
<u>2 Normative di riferimento</u>	2
<u>3 Geometria del muro</u>	3
<u>3.1 Sistema di riferimento</u>	3
<u>3.2 Rappresentazione geometrica, sezione trasversale</u>	3
<u>3.3 Rappresentazione analitica</u>	3
<u>4 Caratteristiche dei terreni</u>	4
<u>5 Geometria degli strati</u>	4
<u>6 Geometria dei carichi</u>	4
<u>6.1 Carichi uniformi</u>	5
<u>7 Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche</u>	5
<u>7.1 Descrizione della normativa sismica</u>	5
<u>7.2 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte</u>	7
<u>7.3 Descrizione del metodo di calcolo della portanza</u>	8
<u>8 Distribuzioni di spinte e pressioni</u>	9
<u>8.1 Coefficienti di spinta</u>	9
<u>8.2 Pressioni</u>	10
<u>8.2.1 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1</u>	10
<u>8.2.2 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2</u>	10
<u>8.2.3 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3</u>	11
<u>8.2.4 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1</u>	11
<u>8.2.5 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2</u>	12
<u>8.2.6 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3</u>	13
<u>8.2.7 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4</u>	13
<u>8.2.8 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1</u>	14
<u>8.2.9 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2</u>	14
<u>8.2.10 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1</u>	15
<u>8.2.11 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1</u>	15
<u>8.2.12 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-2</u>	16
<u>9 Risultante delle azioni agenti sul muro</u>	17
<u>9.1 Combinazioni di calcolo</u>	17
<u>9.1.1 Combinazione di carico EQU-1</u>	17
<u>9.1.2 Combinazione di carico EQU-2</u>	17
<u>9.1.3 Combinazione di carico EQU-3</u>	17
<u>9.1.4 Combinazione di carico STR-1</u>	18
<u>9.1.5 Combinazione di carico STR-2</u>	18
<u>9.1.6 Combinazione di carico STR-3</u>	18
<u>9.1.7 Combinazione di carico STR-4</u>	18
<u>9.1.8 Combinazione di carico SIS-1</u>	18
<u>10 Verifiche di stabilità locale</u>	19
<u>10.1 Tensioni trasmesse sul terreno</u>	19
<u>10.2 Verifica allo scorrimento sul piano di posa</u>	19
<u>10.3 Verifica a ribaltamento</u>	19
<u>10.4 Verifica di collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno</u>	19
<u>11 Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio</u>	20
<u>12 Parametri per dimensionamento armatura</u>	21
<u>13 Sollecitazioni e verifiche strutturali</u>	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: 7.33

Identificatore licenza: WP-2119796

Intestatario della licenza: Equipe Fiemme - Piazza Scopoli, 9 - Cavalese (TN)

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 (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	: 140 cm
Altezza totale del muro	: 310 cm
Peso specifico del muro	: 2500 daN/m ³
Peso specifico delle falde	: 1000 daN/m ³

Paramento

Base inf.	: 25 cm
Base sup.	: 25 cm
Altezza	: 260 cm
Disassamento	: 0 cm

Mensola sinistra in fondazione

Larghezza	: 25 cm
Alt.interna	: 50 cm
Alt.esterna	: 50 cm
Disassamento	: 0 cm

Zoccolo centrale in fondazione

Larghezza	: 25 cm
Altezza a sx	: 50 cm
Altezza a dx	: 50 cm
Sfalsamento	: 0 cm

Mensola destra in fondazione

Larghezza	: 90 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/m³)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m³)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm²)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm²)

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/cm²)

G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm²)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

N	Denominazione	Gsat	Gnat	Fi	C'	Cnd	Delta	AI	OCR	Ko	E	G	Perm
1	PERIZIA	2000	1900	33,00	0,050	0,000	0,00	0,00	1,00	0,46	500	190	1,00E-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: PERIZIA

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	1	13	260
2	2	2000	260

Strato n.2, materiale sottostante: PERIZIA

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	3	-2209	-1216
2	4	-38	-1

Strato n.3, materiale sottostante: PERIZIA

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	-	-38	-50
2	-	-13	-50
3	-	13	-50
4	-	103	-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/cm²
Comp.variabale di carico uniforme a monte : -0.05 daN/cm²

Ricoprimento non strutturale applicato al paramento di valle
Peso specifico del rivestimento : 2200 daN/m³
Spessore del rivestimento : 15 cm

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: Trento, Ziano Di Fiemme

Vita nominale dell'opera (Tab. 2.4.I): 100 anni

Classe d'uso (Tab. 2.4.II): 3

Parametri sismici calcolati per lo stato limite : SLV

Accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (normalizzata) ag/g: 0.1029 g

Categoria del suolo di fondazione: B ref.[Tab.3.2.II]

Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s: 1.5 ref.[Tab.3.2.IV]

Coefficiente di amplificazione topografica S_t: 1.2 ref.[Tab.3.2.V]

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (Beta s): 0.24
ref.[Tab.7.11.I]

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per muri (Beta m): 0.38 ref.[§7.11.6.2.1]

Accelerazione orizzontale massima attesa al sito (normalizzata) a_{max}/g: 0.1852 g ref.[7.11.8]

Coefficiente sismico orizzontale k_h: 0.07 ref.[7.11.6]

Coefficiente sismico verticale k_v: 0.035 ref.[7.11.7]

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: β_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 β_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: γ 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: γ è il peso specifico del terreno saturo;

γ_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: β_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 β_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:

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

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

ϕ = angolo di attrito interno del terreno.

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete interessata del muro.

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno.

δ = angolo di attrito terreno-muro.

θ = 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 θ 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:

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

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

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

dove:

γ = 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_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante;

s_γ, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione;

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

i_γ, i_c, i_q = fattori di inclinazione del carico;

b_γ, b_c, b_q = fattori di inclinazione della base della fondazione;

g_γ, 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:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi; \quad N_q = \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg} \phi)}; \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg} \phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg} \phi; \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot \text{tg} \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2; \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{B \cdot L \cdot c_a}}; \quad i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^5;$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^5 \quad (\text{se } \eta=0); \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ) \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot \text{ctg} \phi} \right)^5 \quad (\text{se } \eta>0)$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - 0.5 \cdot \text{tg} \beta)^5; \quad g_\gamma = g_q$$

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

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

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

ϕ = angolo di attrito dello strato di fondazione;

c_a = aderenza alla base della fondazione;

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

β = 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	13	13	260	0	1	EQU-1	0.295
1	13	13	260	0	2	EQU-2	0.295
1	13	13	260	0	3	EQU-3	0.358
1	13	13	260	0	4	STR-1	0.295
1	13	13	260	0	5	STR-2	0.295
1	13	13	260	0	6	STR-3	0.295
1	13	13	260	0	7	STR-4	0.295
1	13	13	260	0	8	GEO-1	0.369
1	13	13	260	0	9	GEO-2	0.369
1	13	13	260	0	10	SIS-1	0.335
1	13	13	260	0	11	SLE-1	0.295
1	13	13	260	0	12	SLE-2	0.295

Coefficienti di spinta sul filo mensola a monte							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K_a
1	103	103	260	-50	1	EQU-1	0.295
1	103	103	260	-50	2	EQU-2	0.295
1	103	103	260	-50	3	EQU-3	0.358
1	103	103	260	-50	4	STR-1	0.295
1	103	103	260	-50	5	STR-2	0.295
1	103	103	260	-50	6	STR-3	0.295
1	103	103	260	-50	7	STR-4	0.295
1	103	103	260	-50	8	GEO-1	0.369
1	103	103	260	-50	9	GEO-2	0.369
1	103	103	260	-50	10	SIS-1	0.335
1	103	103	260	-50	11	SLE-1	0.295
1	103	103	260	-50	12	SLE-2	0.295

Coefficienti di spinta sul filo mensola a valle							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K_p
1	38	38	-1	-50	1	EQU-1	1.106
1	38	38	-1	-50	2	EQU-2	1.106

1	0	0	0	0	3	EQU-3	0
1	38	38	-1	-50	4	STR-1	1.106
1	38	38	-1	-50	5	STR-2	1.106
1	38	38	-1	-50	6	STR-3	1.106
1	38	38	-1	-50	7	STR-4	1.106
1	0	0	0	0	8	GEO-1	0
1	0	0	0	0	9	GEO-2	0
1	0	0	0	0	10	SIS-1	0
1	38	38	-1	-50	11	SLE-1	1.106
1	38	38	-1	-50	12	SLE-2	1.106

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 ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	VX ₁	VY ₁	VX ₂	VY ₂	VX ₁	VY ₁	VX ₂	VY ₂	VX ₁	VY ₁	VX ₂	VY ₂
1	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	13	190	13	180	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
9	13	180	13	170	-0.01	0	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.01	0
10	13	170	13	160	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
11	13	160	13	150	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
12	13	150	13	140	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
13	13	140	13	130	-0.03	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.03	0
14	13	130	13	120	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
15	13	120	13	110	-0.04	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.04	0
16	13	110	13	100	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
17	13	100	13	90	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
18	13	90	13	80	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
19	13	80	13	70	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
20	13	70	13	60	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
21	13	60	13	50	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0
22	13	50	13	40	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
23	13	40	13	30	-0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.08	0
24	13	30	13	20	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
25	13	20	13	10	-0.09	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.09	0
26	13	10	13	0	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	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	VX ₁	VY ₁	VX ₂	VY ₂	VX ₁	VY ₁	VX ₂	VY ₂	VX ₁	VY ₁	VX ₂	VY ₂
1	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
8	13	190	13	180	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
9	13	180	13	170	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
10	13	170	13	160	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
11	13	160	13	150	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
12	13	150	13	140	-0.04	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.04	0
13	13	140	13	130	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
14	13	130	13	120	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
15	13	120	13	110	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
16	13	110	13	100	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
17	13	100	13	90	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0
18	13	90	13	80	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
19	13	80	13	70	-0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.08	0
20	13	70	13	60	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
21	13	60	13	50	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	0
22	13	50	13	40	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0
23	13	40	13	30	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
24	13	30	13	20	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0
25	13	20	13	10	-0.12	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.12	0
26	13	10	13	0	-0.12	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.13	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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	13	190	13	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	13	180	13	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	13	170	13	160	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
11	13	160	13	150	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
12	13	150	13	140	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
13	13	140	13	130	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
14	13	130	13	120	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
15	13	120	13	110	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
16	13	110	13	100	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
17	13	100	13	90	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
18	13	90	13	80	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
19	13	80	13	70	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
20	13	70	13	60	-0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.08	0
21	13	60	13	50	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
22	13	50	13	40	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	0
23	13	40	13	30	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0
24	13	30	13	20	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
25	13	20	13	10	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0
26	13	10	13	0	-0.12	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.13	0

8.2.4 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	13	190	13	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	13	180	13	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	13	170	13	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	13	160	13	150	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
12	13	150	13	140	-0.01	0	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.01	0
13	13	140	13	130	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
14	13	130	13	120	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
15	13	120	13	110	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
16	13	110	13	100	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
17	13	100	13	90	-0.04	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.04	0
18	13	90	13	80	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
19	13	80	13	70	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
20	13	70	13	60	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
21	13	60	13	50	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
22	13	50	13	40	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
23	13	40	13	30	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0
24	13	30	13	20	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
25	13	20	13	10	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
26	13	10	13	0	-0.09	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.09	0

8.2.5 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
8	13	190	13	180	-0.01	0	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.01	0
9	13	180	13	170	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
10	13	170	13	160	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
11	13	160	13	150	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
12	13	150	13	140	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
13	13	140	13	130	-0.04	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.04	0
14	13	130	13	120	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
15	13	120	13	110	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
16	13	110	13	100	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
17	13	100	13	90	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
18	13	90	13	80	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
19	13	80	13	70	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0
20	13	70	13	60	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
21	13	60	13	50	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
22	13	50	13	40	-0.09	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.09	0

23	13	40	13	30	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	0
24	13	30	13	20	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0
25	13	20	13	10	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
26	13	10	13	0	-0.11	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.11	0

8.2.6 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	13	190	13	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	13	180	13	170	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
10	13	170	13	160	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
11	13	160	13	150	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
12	13	150	13	140	-0.03	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.03	0
13	13	140	13	130	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
14	13	130	13	120	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
15	13	120	13	110	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
16	13	110	13	100	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
17	13	100	13	90	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
18	13	90	13	80	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
19	13	80	13	70	-0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.08	0
20	13	70	13	60	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
21	13	60	13	50	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	0
22	13	50	13	40	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
23	13	40	13	30	-0.11	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.11	0
24	13	30	13	20	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0
25	13	20	13	10	-0.12	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.13	0
26	13	10	13	0	-0.13	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.13	0	-0.14	0

8.2.7 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4

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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
7	13	200	13	190	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
8	13	190	13	180	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
9	13	180	13	170	-0.03	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.03	0
10	13	170	13	160	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
11	13	160	13	150	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
12	13	150	13	140	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
13	13	140	13	130	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
14	13	130	13	120	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
15	13	120	13	110	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0

16	13	110	13	100	-0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.08	0
17	13	100	13	90	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
18	13	90	13	80	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	0
19	13	80	13	70	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
20	13	70	13	60	-0.11	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.11	0
21	13	60	13	50	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0
22	13	50	13	40	-0.12	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.13	0
23	13	40	13	30	-0.13	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.13	0	-0.14	0
24	13	30	13	20	-0.14	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.14	0	-0.14	0
25	13	20	13	10	-0.14	0	-0.15	0	0	0	0	0	-0.14	0	-0.15	0
26	13	10	13	0	-0.15	0	-0.16	0	0	0	0	0	-0.15	0	-0.16	0

8.2.8 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	13	190	13	180	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
9	13	180	13	170	-0.01	0	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.01	0
10	13	170	13	160	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
11	13	160	13	150	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
12	13	150	13	140	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
13	13	140	13	130	-0.04	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.04	0
14	13	130	13	120	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
15	13	120	13	110	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
16	13	110	13	100	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
17	13	100	13	90	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
18	13	90	13	80	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
19	13	80	13	70	-0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.08	0
20	13	70	13	60	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
21	13	60	13	50	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	0
22	13	50	13	40	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
23	13	40	13	30	-0.11	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.11	0
24	13	30	13	20	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0
25	13	20	13	10	-0.12	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.13	0
26	13	10	13	0	-0.13	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.13	0	-0.13	0

8.2.9 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
6	13	210	13	200	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
7	13	200	13	190	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
8	13	190	13	180	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0

9	13	180	13	170	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
10	13	170	13	160	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
11	13	160	13	150	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
12	13	150	13	140	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
13	13	140	13	130	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
14	13	130	13	120	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0
15	13	120	13	110	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
16	13	110	13	100	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
17	13	100	13	90	-0.09	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.09	0
18	13	90	13	80	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	0
19	13	80	13	70	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
20	13	70	13	60	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0
21	13	60	13	50	-0.12	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.12	0
22	13	50	13	40	-0.12	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.13	0
23	13	40	13	30	-0.13	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.13	0	-0.14	0
24	13	30	13	20	-0.14	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.14	0	-0.14	0
25	13	20	13	10	-0.14	0	-0.15	0	0	0	0	0	-0.14	0	-0.15	0
26	13	10	13	0	-0.15	0	-0.16	0	0	0	0	0	-0.15	0	-0.16	0

8.2.10 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	13	190	13	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	13	180	13	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	13	170	13	160	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
11	13	160	13	150	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
12	13	150	13	140	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
13	13	140	13	130	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
14	13	130	13	120	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
15	13	120	13	110	-0.04	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.04	0
16	13	110	13	100	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
17	13	100	13	90	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
18	13	90	13	80	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
19	13	80	13	70	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
20	13	70	13	60	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
21	13	60	13	50	-0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.08	0
22	13	50	13	40	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
23	13	40	13	30	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	0
24	13	30	13	20	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0
25	13	20	13	10	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
26	13	10	13	0	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0

8.2.11 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	13	190	13	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	13	180	13	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	13	170	13	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	13	160	13	150	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
12	13	150	13	140	-0.01	0	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.01	0
13	13	140	13	130	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
14	13	130	13	120	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
15	13	120	13	110	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
16	13	110	13	100	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
17	13	100	13	90	-0.04	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.04	0
18	13	90	13	80	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
19	13	80	13	70	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
20	13	70	13	60	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
21	13	60	13	50	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
22	13	50	13	40	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
23	13	40	13	30	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0
24	13	30	13	20	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
25	13	20	13	10	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
26	13	10	13	0	-0.09	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.09	0

8.2.12 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-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	13	260	13	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	13	250	13	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	13	240	13	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	13	230	13	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	13	220	13	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	210	13	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	13	200	13	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	13	190	13	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	13	180	13	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	13	170	13	160	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0
11	13	160	13	150	-0.01	0	-0.01	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.01	0
12	13	150	13	140	-0.01	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.01	0	-0.02	0
13	13	140	13	130	-0.02	0	-0.02	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.02	0
14	13	130	13	120	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0
15	13	120	13	110	-0.03	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.03	0
16	13	110	13	100	-0.03	0	-0.04	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.04	0
17	13	100	13	90	-0.04	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.05	0
18	13	90	13	80	-0.05	0	-0.05	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.05	0
19	13	80	13	70	-0.05	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.06	0
20	13	70	13	60	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
21	13	60	13	50	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
22	13	50	13	40	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0
23	13	40	13	30	-0.07	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.08	0
24	13	30	13	20	-0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.08	0
25	13	20	13	10	-0.08	0	-0.09	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.09	0
26	13	10	13	0	-0.09	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.1	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	A3	M1	R3	1	EQU-1	0.9	1.5	0	0
EQU	A3	M1	R3	2	EQU-2	1.1	1.5	0	0
EQU	A0	M0	Rs	3	EQU-3	1	0.3	1	0
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	0
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	17	50	0	-30.38
Peso proprio del terreno/acqua a monte	58	130	0	-40.01
Spinta del terreno a monte	0	32	-15.27	0
Spinta del terreno a valle	0	-28	7.4	0
Carichi applicati al muro	-12	0	0	-7.72
Carichi su terreno a monte	58	0	0	-6.75

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	17	50	0	-37.13
Peso proprio del terreno/acqua a monte	58	130	0	-48.91
Spinta del terreno a monte	0	36	-20.47	0
Spinta del terreno a valle	0	-28	7.91	0
Carichi applicati al muro	-12	0	0	-9.44
Carichi su terreno a monte	58	0	0	-6.75

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	17	50	0	-33.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	58	130	0	-44.46
Spinta del terreno a monte	0	24	-17.96	0
Spinta del terreno a valle	0	-28	7.66	0
Carichi applicati al muro	-12	126	-0.91	-8.58
Carichi su terreno a monte	58	0	0	-1.35

Forza di inerzia dovuta al muro	17	50	-3.56	0
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	58	130	-4.69	0

9.1.4 Combinazione di carico STR-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	50	0	-33.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	58	130	0	-44.46
Spinta del terreno a monte	0	21	-12.71	0
Spinta del terreno a valle	0	-28	7.66	0
Carichi applicati al muro	-12	0	0	-8.58

9.1.5 Combinazione di carico STR-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	50	0	-33.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	58	130	0	-44.46
Spinta del terreno a monte	0	34	-17.86	0
Spinta del terreno a valle	0	-28	7.66	0
Carichi applicati al muro	-12	0	0	-8.58
Carichi su terreno a monte	58	0	0	-6.75

9.1.6 Combinazione di carico STR-3

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	50	0	-43.88
Peso proprio del terreno/acqua a monte	58	130	0	-57.8
Spinta del terreno a monte	0	28	-20.18	0
Spinta del terreno a valle	0	-29	8.41	0
Carichi applicati al muro	-12	0	0	-11.15

9.1.7 Combinazione di carico STR-4

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	50	0	-43.88
Peso proprio del terreno/acqua a monte	58	130	0	-57.8
Spinta del terreno a monte	0	39	-25.72	0
Spinta del terreno a valle	0	-29	8.41	0
Carichi applicati al muro	-12	0	0	-11.15
Carichi su terreno a monte	58	0	0	-6.75

9.1.8 Combinazione di carico SIS-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	17	50	0	-33.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	58	130	0	-44.46
Spinta del terreno a monte	0	24	-16.43	0
Spinta del terreno a valle	0	-28	7.66	0
Carichi applicati al muro	-12	126	-0.6	-8.58
Carichi su terreno a monte	58	0	0	-1.35
Forza di inerzia dovuta al muro	17	50	-2.38	0
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	58	130	-3.13	0

10 Verifiche di stabilità locale

10.1 Tensioni trasmesse sul terreno

Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio	: 1
Pressione limite sul terreno per abbassamento	: 2 daN/cm ²
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	: 19.4 cm (comb. SIS-1)
Momento rispetto al baricentro della fondazione	: 1714 daN cm (comb. SIS-1)
Larghezza reagente minima in fondazione	: 140 cm (comb. STR-1)
Tensione max sul terreno allo spigolo di valle	: 1.37 daN/cm ² (comb. STR-4)
Tensione max sul terreno allo spigolo di monte	: 0.46 daN/cm ² (comb. STR-1)

10.2 Verifica allo scorrimento sul piano di posa

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore	: SIS-1
Verifica peggiore per condizione	: LT (lungo termine)
Moltiplicatore spinta passiva per traslazione	: 0
Coefficiente di attrito caratteristico terreno-fondazione	: 0.65
Coefficiente di attrito di progetto terreno-fondazione	: 0.65
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	: 88 daN
Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione	: 0 daN
Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione	: 23 daN
Coefficiente parziale gammaR scorrimento	: 1
Coefficiente limite verifica alla traslazione	: 1
Coefficiente di sicurezza alla traslazione	: 2.54

10.3 Verifica a ribaltamento

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore	: EQU-3
Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento	: 0
Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle	: 2523 daN cm
Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle	: -6246 daN cm
Coefficiente parziale gammaR ribaltamento	: 1
Coefficiente limite verifica al ribaltamento	: 1
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	: 2.48

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

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore	: STR-4
Verifica peggiore per condizione	: LT (lungo termine)
Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno	: 0
Inclinazione media del pendio circostante la fondazione	: 29 °
Profondità del piano di posa	: 49 cm
Sovraccarico agente sul piano di posa	: 0.121 daN/cm ²
Coesione di progetto del suolo di fondazione	: 0.05 daN/cm ²
Angolo di attrito di progetto del suolo di fondazione	: 33 °
Peso specifico di progetto del suolo di fondazione	: 0.0019 daN/cm ³
Inclinazione della risultante rispetto alla normale	: 12.1 °
Base efficace	: 109 cm
Carico tangenziale al piano di posa	: 25.7 daN/cm
Carico di progetto della fondazione (normale al P.P.)	: 119.6 daN/cm
Carico ultimo della fondazione	: 170.6 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	: 1.02

Tabella dei coefficienti di capacità portante

Coefficienti	Coesione	Sovraccarico	Attrito
Coefficienti di capacità portante	N _c = 39	N _q = 26	N _g = 24
Coefficienti di forma	s _c = 1	s _q = 1	s _g = 1
Coefficienti di profondità	d _c = 1.14	d _q = 1.09	d _g = 1
Coefficienti di inclinazione del carico	i _c = 0.55	i _q = 0.57	i _g = 0.44

Coefficienti di inclinazione del piano di posa della fondazione	b _c = 1	b _q = 1	b _g = 1
Coefficienti di inclinazione del pendio	g _c = 0.8	g _q = 0.19	g _g = 0.19

11 Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore : GEO-2
 Coefficiente limite suggerito dalla normativa : 1.1
 Coefficiente di stabilità globale pendio : 1.11

Metodo di analisi di stabilità del pendio : Bishop
 Passo dei conci : 100 cm
 X centro della superficie critica : -357 cm
 Y centro della superficie critica : 508 cm
 Raggio della superficie critica : 723 cm
 Forza di bilancio : 1.56 daN/cm
 Volume spostato dalla superficie critica : 11.56 m³/m
 Peso spostato dalla superficie critica : 22765 daN/m

STABILITA' DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP
 Combinazione GEO-1

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minst
1	-1.4	82	0.04	0.52	-361	-198	4	4	0	4	0	3804	-64
2	5.8	99	0.04	0.52	-279	-173	78	13	0	13	0	7516	966
3	13.8	102	0.04	0.52	-183	-137	174	20	0	20	0	9756	3501
4	22	106	0.04	0.52	-86	-94	271	25	0	25	0	11107	6694
5	27.4	28	0.04	0.52	-25	-63	332	7	0	7	0	3113	2364
6	29.6	29	0.04	0.52	0	77	357	23	0	23	0	8517	8118
7	35.1	110	0.04	0.52	56	84	413	61	0	61	0	23863	25425
8	45.1	141	0.04	0.52	149	128	507	49	0	49	0	21039	25262
9	58.2	190	0.04	0.52	242	187	599	25	0	25	0	13432	15086
10	67.8	53	0.04	0.52	309	244	666	1	0	1	0	1523	616
		940						228	0	228		103669	87967

Coefficiente di sicurezza FS = 1.18

STABILITA' DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP
 Combinazione GEO-2

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minst
1	-1.4	82	0.04	0.52	-361	-198	4	4	0	4	0	3806	-64
2	5.8	99	0.04	0.52	-279	-173	78	13	0	13	0	7497	966
3	13.8	102	0.04	0.52	-183	-137	174	20	0	20	0	9700	3501
4	22	106	0.04	0.52	-86	-94	271	25	0	25	0	11008	6694
5	27.4	28	0.04	0.52	-25	-63	332	7	0	7	0	3080	2364
6	29.6	29	0.04	0.52	0	77	357	23	0	23	0	8418	8118
7	35.1	110	0.04	0.52	56	84	413	61	6	67	0	25556	27858
8	45.1	141	0.04	0.52	149	128	507	49	6	56	0	23017	28587
9	58.2	190	0.04	0.52	242	187	599	25	6	31	0	15750	19078
10	67.8	53	0.04	0.52	309	244	666	1	1	2	0	1735	1481
		940						228	20	248		109566	98581

Coefficiente di sicurezza FS = 1.11

STABILITA' DEL PENDIO CON IL METODO DI BISHOP
 Combinazione SIS-1

Concio	alfa	l	C	Tgfi	Xg	Yg	b	Peso	Pvert	Ptot	Press	Mstab	Minst
1	-1.4	82	0.05	0.65	-361	-198	4	4	0	4	0	4759	53
2	5.8	99	0.05	0.65	-279	-173	78	13	0	13	0	9361	1365
3	13.8	102	0.05	0.65	-183	-137	174	20	0	20	0	12093	4085
4	22	106	0.05	0.65	-86	-94	271	25	0	25	0	13705	7355
5	27.4	28	0.05	0.65	-25	-63	332	7	0	7	0	3831	2544
6	29.6	29	0.05	0.65	0	77	357	23	0	23	0	10467	8554

7	35.1	110	0.05	0.65	56	84	413	61	1	62	0	29815	27166
8	45.1	141	0.05	0.65	149	128	507	49	1	51	0	26298	26888
9	58.2	190	0.05	0.65	242	187	599	25	1	26	0	16965	16380
10	67.8	53	0.05	0.65	309	244	666	1	0	1	0	1903	830
		940						228	5	232		129197	95218

Coefficiente di sicurezza FS = 1.36

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/cm²
 Modulo elastico longitudinale Ec : 325881 daN/cm²
 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/cm²
 Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio : 1.15
 Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo : 1.5
 Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza : 0.7
 Limite sigmac/fck : 0.45
 Limite sigmaf/fyk : 0.8
 Ampiezza limite delle fessure : 0.3 mm
 Coefficiente Beta2 per calcolo ampiezza fessure : 0.5
 Coefficiente Beta per punzonamento pali interni : 1.15
 Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo : 1.4
 Coefficiente Beta per punzonamento pali sull'angolo : 1.5

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

As: area efficace dello strato superiore per metro

Cs: copriferro medio dello strato superiore

As: area efficace dello strato inferiore per metro

Ci: 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

σ_r: trazione massima sull'armatura

σ_c: compressione massima sul calcestruzzo

v_{es}: soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

c_r: combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

M_i : momento di calcolo per la verifica di fessurazione
 N_i : sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione
 S_{rm} : interasse delle fessure
 W_k : ampiezza caratteristica delle fessure
 v_i : soddisfacimento verifica fessurazione
 X : ascissa del baricentro della sezione
 Y : ordinata del baricentro della sezione
 H : altezza della sezione
 c_i : 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_i : soddisfacimento verifica taglio

Paramento (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A_s	C_s	A_i	C_i	v_{ml}	C_{res}	M_d	N_d	M_u	N_u	c.s.	v_{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
0	0	25	5.7	6.5	5.7	6.5	ok	STR-4	135537	-3228	457479	3651	3.37	ok
0	30	25	8.3	6.5	8.3	6.5	ok	STR-4	89902	-2855	862882	-27407	9.6	ok
0	60	25	3.9	6.5	3.9	6.5	no	STR-4	56428	-2483	613790	-27007	10.9	ok
0	90	25	3.9	6.5	3.9	6.5	no	STR-4	33149	-2111	800366	-50958	24.1	ok
0	120	25	3.9	6.5	3.9	6.5	no	STR-4	18100	-1738	1233057	-118407	68.1	ok
0	150	25	3.9	6.5	3.9	6.5	no	STR-4	9314	-1366	1415876	-207603	152	ok
0	180	25	3.9	6.5	3.9	6.5	no	SIS-1	5331	-764	1361118	-195075	255	ok
0	210	25	3.9	6.5	3.9	6.5	no	STR-4	2668	-621	1237231	-287896	464	ok
0	240	25	3	6.5	3	6.5	no	STR-3	1069	-248	1221233	-283603	>999	ok

X	Y	H	C_{es}	M_e	N_e	σ_f	σ_c	v_{es}	C_f	M_f	N_f	S_{rm}	W_k	v_f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	25	SLE-2	56984	-2483	344	-13	ok	SLE-2	56984	-2483	-	-	ok
0	30	25	SLE-2	35333	-2197	116	-7	ok	SLE-2	35333	-2197	-	-	ok
0	60	25	SLE-2	20777	-1910	56	-4	ok	SLE-2	20777	-1910	-	-	ok
0	90	25	SLE-2	11803	-1624	5	-2	ok	SLE-2	11803	-1624	-	-	ok
0	120	25	SLE-2	6899	-1337	0	-1	ok	SLE-2	6899	-1337	-	-	ok
0	150	25	SLE-2	4552	-1051	0	-1	ok	SLE-2	4552	-1051	-	-	ok
0	180	25	SLE-1	3259	-764	0	-1	ok	SLE-1	3259	-764	-	-	ok
0	210	25	SLE-1	2047	-478	0	0	ok	SLE-1	2047	-478	-	-	ok
0	240	25	SLE-1	822	-191	0	0	ok	SLE-1	822	-191	-	-	ok

X	Y	H	c_i	V_{Sd}	VR_{dc}	VR_{dmax}	VR_{ds}	v_i
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	25	STR-4	-1696	10229	-	-	ok
0	30	25	STR-4	-1258	10756	-	-	ok
0	60	25	STR-4	-885	10147	-	-	ok
0	90	25	STR-4	-577	10105	-	-	ok
0	120	25	STR-4	-335	10064	-	-	ok
0	150	25	STR-4	-159	10023	-	-	ok
0	180	25	SIS-1	-54	9956	-	-	ok
0	210	25	SIS-1	-34	9924	-	-	ok
0	240	25	SIS-1	-13	9892	-	-	ok

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

X	Y	H	A_s	C_s	A_i	C_i	v_{ml}	C_{res}	M_d	N_d	M_u	N_u	c.s.	v_{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
-13	-25	50	3.9	6.5	3.9	6.5	no	STR-4	32555	-841	1598218	-41282	49.1	ok

X	Y	H	C_{es}	M_e	N_e	σ_f	σ_c	v_{es}	C_f	M_f	N_f	S_{rm}	W_k	v_f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
-13	-25	50	SLE-2	18398	-766	24	-1	ok	SLE-2	18398	-766	-	-	ok

X	Y	H	c_i	V_{Sd}	VR_{dc}	VR_{dmax}	VR_{ds}	v_i
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
-13	-25	50	STR-4	2778	17948	-	-	ok

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

X	Y	H	A _s	C _s	A _i	C _i	V _{ml}	C _{res}	M _d	N _d	M _u	N _u	C.S.	V _{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
13	-25	50	3.9	6.5	3.9	6.5	no	SIS-1	-123935	-739	-733519	-4372	5.92	ok
43	-25	50	3.9	6.5	3.9	6.5	no	SIS-1	-68965	-712	-820877	-8477	11.9	ok
73	-25	50	3.9	6.5	3.9	6.5	no	SIS-1	-21140	-686	-1825323	-59217	86.3	ok

X	Y	H	C _{es}	M _e	N _e	σ _f	σ _c	V _{es}	C _f	M _f	N _f	S _{rm}	W _k	v _f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
13	-25	50	SLE-2	-45245	-549	207	-3	ok	SLE-2	-45245	-549	-	-	ok
43	-25	50	SLE-2	-25196	-549	85	-2	ok	SLE-2	-25196	-549	-	-	ok
73	-25	50	SLE-2	-7927	-549	2	0	ok	SLE-2	-7927	-549	-	-	ok

X	Y	H	C _t	V _{Sd}	V _{Rdc}	V _{Rdmax}	V _{Rds}	v _i
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
13	-25	50	STR-4	-1873	17952	-	-	ok
43	-25	50	STR-4	-1905	17952	-	-	ok
73	-25	50	STR-4	-1281	17952	-	-	ok

Il progettista

Ing. Marco **SONTACCHI**



Cavalese, agosto 2025