Comune di Cogorno

STUDIO TECNICO ASSOCIATO
ING. SERGIO BRIZZOLARA & ING. STEFANO STURLA
via Cap. Renato Orsi, 31/20
16043 Chiavari (GE)
P.I.V.A. e C.F.: 01455710994
☎ +39 0185 370127
+39 0185 368280
b3s@b3s.it – b3s@pec.b3s.it
dott. ing. Sergio Brizzolara – sergio@b3s.it
dott. ing. Stefano Sturla – stefano@b3s.it



POR FESR 2014–2020 – D.G.R. 911/2017

interventi di sistemazione idraulica con mitigazione del rischio per il tratto terminale del rio Remigiano in località Panesi

(Piano di Bacino stralcio – D.L. 180/98 e ss.mm.ii. – ambito 16)

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

(D.Lgs. n° 50/2016 – art. 23 – c. 7)

RELAZIONE GEOTECNICA

CALCOLI DELLE STRUTTURE

TAV. 15–A

SCALA

STABS 0711

REV.	data	motivazione
	marzo 2018	prima emissione
A	ottobre 2018	aggiornamento

il Responsabile del Procedimento

questo documento è di proprietà esclusiva – è proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza specifica autorizzazione

I N D I C E

1. PREMESSA Pag. 3

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE Pag. 4

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO Pag. 6

4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE STRUTTURALI Pag. 7

4.1 Paratie provvisionali in micropali Pag. 7

4.1.1 Metodi di analisi Pag. 8

4.1.2 Paratia di micropali intirantata – tratto sez. 19-16 Pag. 13

4.1.3 Paratia di micropali – tratto sez. 12 e tratto sez.10-8 Pag. 25

4.1.4 Paratia di micropali – tratto sez. 7- 6 Pag. 37

4.1.5 Paratia di micropali - tratto sez. 5-4 Pag. 49

4.2 Canale in c.a. a cielo aperto - murature arginali Pag. 66

4.2.1 Metodi di analisi Pag. 66

4.2.2 Dimensionamento muro sostegno arginale - tratto sez. 19-16 Pag. 70

4.2.3 Dimensionamento muro sostegno arginale - tratto sez. 15-10 e tratto 7-5 Pag. 85

4.3 Scogliera arginale – tratto sez. 28 - 20 Pag. 99

4.3.1 Metodi di analisi Pag. 99

4.3.2 Dimensionamento scogliera in blocchi di cava Pag. 103

4.4. Tombinature scatolari prefabbricate Pag. 114

5. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2008 (punto 10.2) Pag. 115

1. PREMESSA

Il presente elaborato (tavola 15-A) contiene la relazione geotecnica e i calcoli delle strutture e viene redatto in conformità al D.Lgs. n° 50/2016 – art. 23 comma 7; esso risulta parte integrante dell'aggiornamento della progettazione definitiva inerente gli: *"interventi di sistemazione idraulica con mitigazione del rischio per il tratto terminale del rio Remigiano in località Panesi - ambito 16 fiume Entella - Piano Bacino Stralcio D.L. 180/98 e ss.mm.ii. - POR FESR 2014-2020 - D.G.R. 911/2017".*

Il presente documento illustra le verifiche di resistenza e stabilità condotte per il corretto dimensionamento delle opere strutturali previste con la progettazione definitiva inerenti gli interventi in oggetto e nella fattispecie riguarda il dimensionamento delle opere provvisionali (paratie di micropali) poste a sostegno dei fronti di scavo in prossimità di edifici e di fronti di scavo a sostegno della viabilità, il dimensionamento della scogliera arginale in sponda destra posta a monte dell'imbocco del tratto attualmente tombinato, della struttura gettata in opera a cielo aperto posta in corrispondenza del piazzale adibito a parcheggio privato nonché nel tratto in corrispondenza degli edifici a monte della viabilità comunale via Ghio e tra la suddetta viabilità e quella provinciale S.P. 33.
Infine vengono illustrati alcuni aspetti legati ai manufatti prefabbricati scatolari costituenti i tre tratti tombinati per l'attraversamento della viabilità via Ghio, della S.P. n° 33 e in corrispondenza dell'ingresso del parcheggio privato di monte, il tutto al fine di poterne dunque restituire le corrette caratteristiche dimensionali e le necessarie indicazioni circa i materiali e le tecnologie da impiegare.

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'intervento prevede la sistemazione idraulica di tutto il tratto terminale del rio Remigiano, per complessivi 250 ml circa.

In questa sede verranno presi in esame gli elementi strutturali costituenti la progettazione definitiva, restituendo per ogni singolo intervento strutturale le verifiche di resistenza e stabilità, a seconda della caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il sito e dei carichi gravanti sulle stesse opere.

Più in particolare dunque procedendo da monte verso valle si prevedono i seguenti interventi:

- Tratto sezioni 28-20.3 - rifacimento arginatura in sponda destra mediante scogliera in blocchi naturali di cava di seconda categoria con dimensioni in testa pari a 1,20 m al piede pari a 1,80 m e altezza media pari a 3,00 m con inclinazione del paramento anteriore pari al 25% e posteriore pari al 5%.

- Tratto sezioni 19-15.9 – tratto ad oggi intubato reso a cielo aperto, con realizzazione di muratura arginale in sponda destra di altezza compresa tra circa 2,20 e 3,50 m con sezione a mensola in c.a. avente fondazione di dimensioni pari a 2,20 m x 0,40 m e con spessore del paremento verticale pari a 0,40 m. In sponda sinistra verrà eseguita una paratia con micropali posti ad interasse 0,40 m e tiranti in sommità ad interasse 3,00 m per un'altezza massima di scavo pari a 4,50 m e placcaggio anteriore in c.a.
- Tratto sezioni 15.9-15 - formazione di ponticello con impiego di struttura scatolare (altezza e larghezza netta pari rispettivamente a 2,25 e 2,50 m spesoore degli elementi scatolari pari a 25 cm e lunghezza dei moduli pari a 1,00 o 2,00 ml), ponticello di lunghezza pari a circa 14 ml, minimo indispensabile a garantire il mantenimento del doppio passaggio esistente: strada privata di unico accesso ad alcune abitazioni + unico accesso carrabile al piazzale di cui in precedenza, piazzale ove, risultando presente una attività commerciale, devono poter entrare anche mezzi pesanti (fornitori, ecc.).
- Tratto sezioni 15-10 - tratto ad oggi intubato reso a cielo aperto, con realizzazione di murature arginali a formazione di sezione rettangolare con fondo naturale di larghezza costante pari a 2,50 m e altezza compresa tra circa 2,15 e 2,90 m con sezione a mensola in c.a. avente fondazione di dimensioni pari a 2,20 m x 0,40 m e con spessore del paremento verticale pari a 0,40 m; in corrispondenza della sezione 10.5 si prevede la realizzazione di un piccolo salto di fondo (altezza pari a circa 75 cm); nel tratto si prevede inoltre la realizzazione di due soglie di fondo in cls finalizzate a stabilizzare

le quote di fondo alveo. Sul tratto, in prossimità dell'edificio posto in sponda sinistra in corrispondenza della sezione 12, la nuova arginatura verrà eseguita mediante una parativa con micropali a "cavalletto" posti ad interasse 0,50 m anteriormente e 1,00 m posteriormente e successivo placcaggio anteriore in c.a.

- Tratto sezioni 10-5 - nel primo tratto (sezioni 10-7) verrà realizzato un ponticello con impiego di struttura scatolare e tratti di raccordo gettati in opera avente larghezza e altezza netta pari rispettivamente a 3,00 e 2,00 m con spessore degli elementi scatolari pari ad almeno 25 cm sviluppo degli stessi pari a 1,00 o 2,00 m, a meno di un breve tratto di raccordo iniziale dalla larghezza di 2,50 m del tratto di monte ai 3,00 m qui previsti, ponticello di lunghezza pari a circa 17,00 m che dovrà garantire sia l'attraversamento di via G.B. Ghio, sia il mantenimento dell'accesso privato esistente ad oggi in destra idraulica in corrispondenza dell'Emporio Mobilia; nel secondo tratto (sezioni 7-5) verrà invece ripristinata una sezione a cielo aperto, con realizzazione di murature arginali a formazione di sezione rettangolare con fondo naturale di larghezza costante pari a 3,00 m e altezza compresa tra circa 2,50 e 2,80 m. Sul tratto, in prossimità degli edifici posti in sponda destra in corrispondenza della sezione 10 e in sponda sinistra in corrispondenza della sezione 7, la nuova arginatura verrà eseguita mediante una parativa con micropali a "cavalletto" posti ad interasse 0,50 m anteriormente e 1,00 m posteriormente e successivo placcaggio anteriore in c.a.

- Tratto sezioni 5-4 - rifacimento del ponticello di attraversamento della S.P. n° 33 con impiego di struttura scatolare prefabbricata di altezza netta pari a 2,25 m e larghezza netta pari a 3,00 m per uno sviluppo pari a circa 11,50 ml. L'inserimento di detto scatolare prefabbricato avverrà a seguito della realizzazione di due paratie provvisionali con micropali a "cavalletto" posti ad interasse 0,50 m anteriormente e 1,00 m posteriormente.

- Tratto sezioni 4-3 – rifacimento della muratura arginale in c.a. in destra idraulica a raccordo tra l'attraversamento della S.P. n°33 e la larghezza delle sezioni esistenti a valle con altezza pari a 2,80 m e paramento in elevazione di spessore pari a 40 cm e con mensolad di fondazione avente dimensioni pari a 2,00 m x 0,40 m con sviluppo pari a circa 9,50 m.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli di seguito riportati sono eseguiti in conformità alle normativa vigente per le opere in cemento armato e specificamente alle norme tecniche seguenti:

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE STRUTTURALI

4.1. Paratie provvisionali in micropali

Le tipologie che sono di seguito riportate e oggetto di verifica sono costituite:

- paratia in micropali intirantanta (tratto sez. 19-15.9): micropali eseguiti con perforazione pari a 220 mm, lunghezza 8,00 m posti ad interasse pari a 0,40 ml con armatua tubolare avente diam. 139,70 m – s=10,00 mm e tiranti attivi aventi lunghezza pari a 12,00 m – lughezza bulbo 7,00 m - in trefoli con perforazione pari a 140 mm ed inclinazione pari a 20° rispetto l'orizzontale, posti ad interasse pari a 3,00 m.

- paratia in micropali (tratto sez. 8-10 sponda destra e tratto sez.12 sponda sinistra): micropali eseguiti con perforazione pari a 220 mm, lunghezza 8,00 m posti ad interasse pari a 0,50 ml con armatua tubolare avente diam. 139,7 m – s=10,00 mm, considerata con altezza libera massima pari a 3,00 m e tiranti passivi aventi lunghezza pari a 12,00 ml con perforazione pari a 220 mm e armatura tubolare diam. 139,7 m – s=10,00 mm ed inclinazione pari a 10° rispetto la verticale, posti ad interasse pari a 1,00 m.

- paratia in micropali (tratto sez. 6-7 sponda sinistra): micropali eseguiti con perforazione pari a 220 mm, lunghezza 8,00 m posti ad interasse pari a 0,50 ml con armatua tubolare avente diam. 139,7 m – s=10,00 mm, considerata con altezza libera massima pari a 3,80 m e tiranti passivi aventi lunghezza pari a 12,00 ml con perforazione pari a 220 mm, armatura tubolare diam. 139,7 m – s=10,00 mm ed inclinazione pari a 10° rispetto la verticale, posti ad interasse pari a 1,00 m.

- paratia provvisionale in micropali (tratto sez. 4-5): micropali eseguiti con perforazione pari a 220 mm, lunghezza 8,00 m posti ad interasse pari a 0,50 ml con armatua tubolare avente diam. 139,7 m – s=10,00 mm, considerata con altezza libera massima pari a 4,00 m e tiranti passivi aventi lunghezza pari a 12,00 ml con perforazione pari a 220 mm, armatura tubolare diam. 139,7 m – s=10,00 mm ed inclinazione pari a 10° rispetto la verticale, posti ad interasse pari a 1,00 m.

Le verifiche strutturali delle paratie sono state condotte attraverso apposito software di calcolo (PAC- AZTEC Informatica vers. 14.01c).

4.1.1 Metodi di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m=K_{pm}-K_{av}$ e $D_v=K_{pv}-K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente.

Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.
Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico o idrodinamico*.
Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W*C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/2 dell'altezza della parete stessa(diagramma rettangolare).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.
I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari.
La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, $\boldsymbol{\delta}$ l'angolo d'attrito tirante-terreno, $\mathbf{c_a}$ l'adesione tirante-terreno, $\boldsymbol{\gamma}$ il peso di volume del terreno, **D** ed $\mathbf{L_f}$ il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f \gamma H K_s tg \delta + \pi D L_f c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D \gamma H K_s tg \delta + \pi D c_a}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin \phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli (ω **= 1 - 0.075 [n trefoli - 1]**).
Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo **$f1_{bd}$**.
Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di **L_f** si deve aggiungere la lunghezza di franco **L** che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.
La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L_t = L_f + L$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, **β**, che rappresenta il rapporto fra lo sforzo **N_0** al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidezza, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.
In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

Verifiche idrauliche

Verifica a sifonamento
Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico i_C e il gradiente idraulico di efflusso i_E.

$$FS_{SIF} = i_C / i_E$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio γ_m del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua γ_w.

$$i_C = \gamma_m / \gamma_w$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico ΔH e la lunghezza della linea di flusso L.

$$i_E = \Delta H / L$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

Verifica a sollevamento del fondo scavo
Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.
Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.
Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità D e larghezza D/2.
D rappresenta la profondità di infissione della paratia.
Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto *W* e la pressione idrica al piede della paratia *U* dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U$$

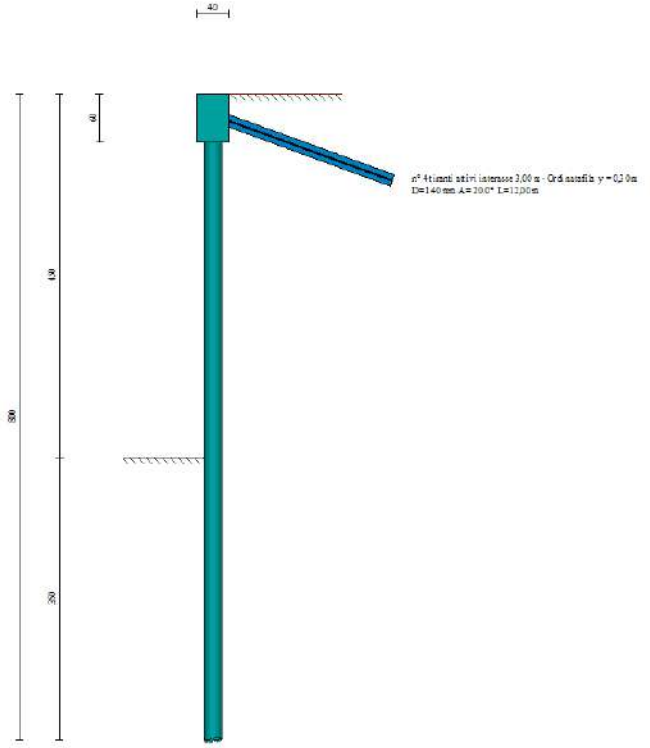
La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

4.1.2 Paratia di micropali intirantata – tratto sez. 19-16

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**		
Altezza fuori terra	4,50	[m]
Profondità di infissione	3,50	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]
Lunghezza paratia	12,00	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,40	[m]
Diametro dei micropali	22,00	[cm]
Numero totale di micropali	29	
Numero di micropali per metro lineare	2.42	
Diametro esterno del tubolare	139,70	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]



Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		*[cm]*	*[cm]*	*[cmq]*	*[cm^3]*
1	0,00	Calcestruzzo	40,00	60,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
2	7,80	6,75	40.87
3	10,00	6,75	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
1	-5,00	-4,50	0.00
2	0,00	-4,50	40.87

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	livello I	1660,0	1880,0	28.00	14.00	0,000
2	livello II	2500,0	2500,0	17.50	10.00	1,500
3	livello III	2600,0	2600,0	30.00	15.00	2,500

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

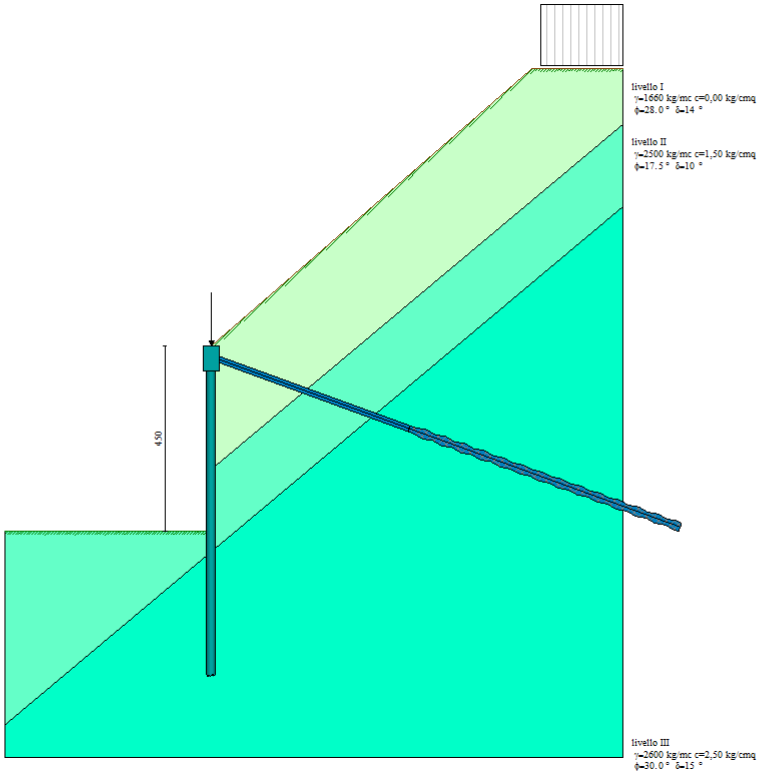
Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cmq]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
			[kg/cmq]		*[kg/cmq]*
1	livello I	0.00	0,000	0.00	0,000
2	livello II	1.10	1,000	1.10	1,000
3	livello III	1.10	2,000	1.10	2,000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	Kw_M	Kw_V	Terreno M	Terreno V
	[m]	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq/cm]*	*[kg/cmq/cm]*		
1	3,00	40.00	40.00	0.40	0.40	livello I	livello I
2	2,00	40.00	40.00	4.85	4.85	livello II	livello II
3	5,00	0.00	0.00	10.63	10.63	livello III	livello III



Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante attivo (trefoli)

Calcolo tiranti:	VERIFICA	
Diametro della perforazione	14,00	[cm]
Coeff. di espansione laterale	1.10	
Malta utilizzata per i tiranti		
Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	306	[kg/cmq]
Acciaio utilizzato per i tiranti		
Tipo	Precomp	
Tensione di snervamento f_{yk}	16000	[kg/cmq]
Tiranti attivi armati con trefoli		
Area del singolo trefolo:	1,39	[cmq]
Numero di trefoli del tirante:	3	
Coefficiente cadute di tensione:	1.30	
Coeff. correttivo ω:	SI	
Metodo di calcolo dei tiranti:	BUSTAMANTE-DOIX	
Tensione limite resistenza malta	Media valori τ_{c0} e τ_{c1}	

Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]
T	tiro iniziale espresso in [kg]

n°	Tipo	Y	I	f	Alfa	ALL	nr	Lt	Lf	T
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[°]*			*[m]*	*[m]*	*[kg]*
1	Tirante attivo (trefoli)	0,30	3,00	0,20	20.00	Sfalsati	4	12,00	7,00	20000,00

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls}	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*		
Paratia	2500	C25/30	306	320666	Fe 510	15.00
Cordolo/Muro	2500	C20/25	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Ig	Indice di gruppo
F_x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F_y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V_i, V_s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Permanente - placaggio

Carico concentrato sulla paratia	Y=0,00	F_x=0	F_y=5200	M=0	

Condizione n° 2 - Variabile - sovrac stradale (Ig=0) [Ψ_0=0.70 - Ψ_1=0.50 - Ψ_2=0.20]

Carico distribuito sul profilo	X_i = 8,00	X_f = 10,00	Q_i = 1000	Q_f = 1000	

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
placaggio	SFAV	1.30	1.00
sovrac stradale	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
sovrac stradale	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
sovrac stradale	SFAV	1.00	0.20

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
sovrac stradale	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
sovrac stradale	SFAV	1.00	0.50

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
sovrac stradale	SFAV	1.00	0.20

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
sovrac stradale	SFAV	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

			Statici		Sismici	
Carichi	**Effetto**		**A1**	**A2**	**A1**	**A2**
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		**M1**	**M2**	**M1**	**M2**
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**R3**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	ξ_3=1,80	ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in acciaio

$V_{c,Rd}=A_v*f_{yd}/3.0^{0.5}$

con:
A_v Area lorda sezione profilo

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Combinazioni/Fase	**SLU**	**SLE**
Accelerazione al suolo [m/s^2]	1.027	0.407
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.438	2.531
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.285	0.230
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza Us [m]	0.040	0.040
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.642	0.642
Prodotto α β	0.642 > 0.2	
Coefficiente di intensità sismica (percento)	8.061	3.192
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte
Forma diagramma incremento sismico : Rettangolare

Risultati

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	20459	2,48	--	--	--	--	-17114	4,98	5494	6,77
2	SLU - GEO	18775	2,33	--	--	--	--	-15098	4,97	5031	6,75
3	SLV - GEO	18068	2,34	3162	2,25	--	--	-17114	4,97	5740	6,75
4	SLE - Rara	15666	2,48	--	--	--	--	-12835	4,98	4009	6,78
5	SLE - Frequente	15433	2,48	--	--	--	--	-12644	4,98	3942	6,78
6	SLE - Quasi permanente	15293	2,48	--	--	--	--	-12528	4,98	3901	6,78
7	SLD	15264	2,48	1130	2,25	--	--	-13430	4,98	4219	6,78

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}

		[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]
1	SLU - STR	0	0,00	8835	0,30	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	8703	0,30	0	0,00	0	0,00
3	SLV - GEO	0	0,00	9850	0,30	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Rara	0	0,00	6837	0,30	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Frequente	0	0,00	6726	0,30	0	0,00	0	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0	0,00	6661	0,30	0	0,00	0	0,00
7	SLD	0	0,00	7179	0,30	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kg]

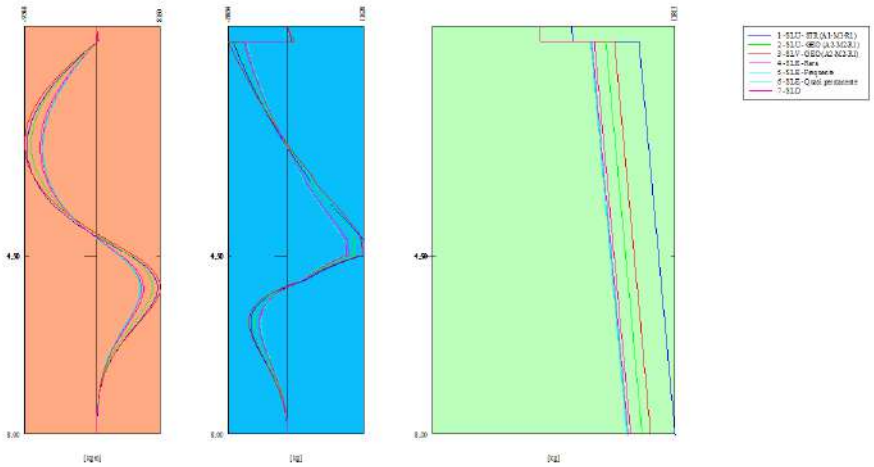
n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
		[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[m]
1	SLU - STR	4,50	4,50	5,84	0,00	2,08	43245
2	SLU - GEO	4,50	4,50	5,82	0,00	2,32	27880
3	SLV - GEO	4,50	4,50	5,82	0,00	2,64	43245
4	SLE - Rara	4,50	4,50	5,85	0,00	1,77	43245
5	SLE - Frequente	4,50	4,50	5,85	0,00	1,74	43245
6	SLE - Quasi permanente	4,50	4,50	5,85	0,00	1,72	43245
7	SLD	4,50	4,50	5,85	0,00	1,79	43245

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

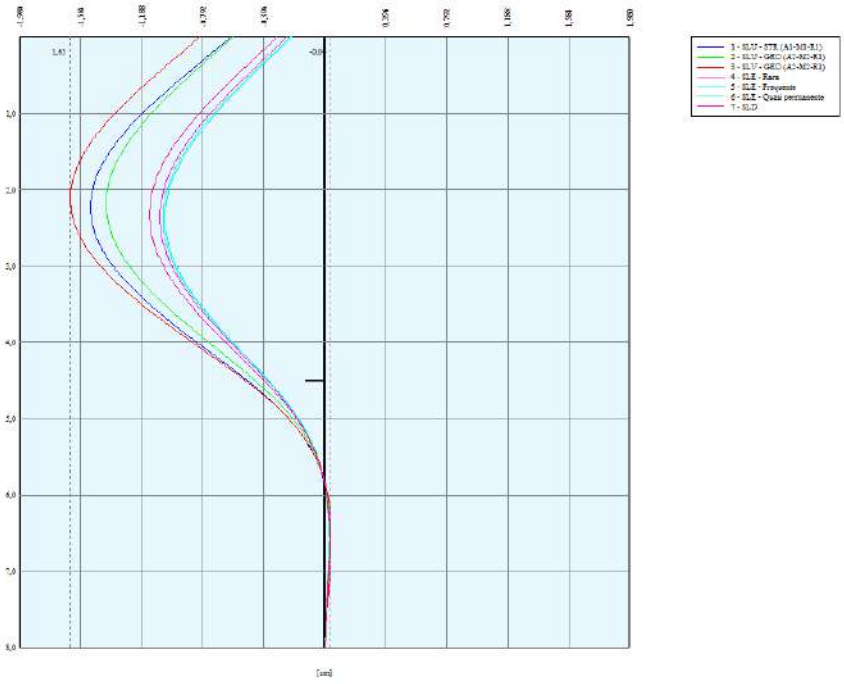
n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kgm]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	
1	SLU - STR	7813	5,15	11620	4,30	11813	8,00	MAX
		-9041	2,35	-8071	0,30	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	7151	5,10	10068	4,20	10205	8,00	MAX
		-8475	2,35	-7870	0,30	0	0,00	MIN
3	SLV - GEO	8160	5,10	11374	4,50	10622	8,00	MAX
		-9348	2,30	-8854	0,30	0	0,00	MIN
4	SLE - Rara	5707	5,15	8826	4,30	9526	8,00	MAX
		-7088	2,40	-6255	0,30	0	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	5611	5,15	8703	4,30	9485	8,00	MAX
		-7011	2,40	-6164	0,30	0	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	5552	5,15	8627	4,30	9462	8,00	MAX
		-6963	2,40	-6110	0,30	0	0,00	MIN
7	SLD	6006	5,15	9210	4,50	9650	8,00	MAX
		-7349	2,40	-6555	0,30	0	0,00	MIN



Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	*[m]*	*[cm]*	*[m]*	
1	SLU - STR	1,5192	2,25	0,0293	0,00	MAX
		-0,0385	6,55	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	1,4185	2,20	0,0249	0,00	MAX
		-0,0353	6,55	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	1,6498	2,10	0,0260	0,00	MAX
		-0,0402	6,55	0,0000	0,00	MIN
4	SLE - Rara	1,0693	2,35	0,0231	0,00	MAX
		-0,0281	6,55	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	1,0482	2,35	0,0230	0,00	MAX
		-0,0276	6,60	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	1,0354	2,40	0,0230	0,00	MAX
		-0,0273	6,60	0,0000	0,00	MIN
7	SLD	1,1364	2,35	0,0234	0,00	MAX
		-0,0296	6,55	0,0000	0,00	MIN



Verifica a spostamento

Simbologia adottata
n° Indice combinazione/Fase
Tipo Tipo combinazione/Fase
Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
1	SLU - STR	4,0000	1,5192
2	SLU - GEO	4,0000	1,4185
3	SLV - GEO	4,0000	1,6498
4	SLE - Rara	4,0000	1,0693
5	SLE - Frequente	4,0000	1,0482
6	SLE - Quasi permanente	4,0000	1,0354
7	SLD	4,0000	1,1364

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
S	Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R	Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W	Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T	Reazione tiranti espresso in [kg]
P	Reazione puntoni espresso in [kg]
V	Reazione vincoli espresso in [kg]
C	Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y	Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS_{RIB}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{SCO}	Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della partia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kgm]*		
3	SLV - GEO	21753 2,33	186545 6,47	0 0,00	9850 0,30	0 0,00	0 0,00	0 0,00	120462	361369	3.000	9.252

Stabilità globale

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
$(X_C; Y_C)$	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
$(X_V; Y_V)$	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
$(X_M; Y_M)$	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C, Y_C	R	X_V, Y_V	X_M, Y_M	FS
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	
2	SLU - GEO	0,00; 4,00	12,00	-8,48; -4,49	11,69; 1,29	4.724
3	SLV - GEO	0,00; 4,00	12,00	-8,48; -4,49	11,69; 1,29	5.658

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

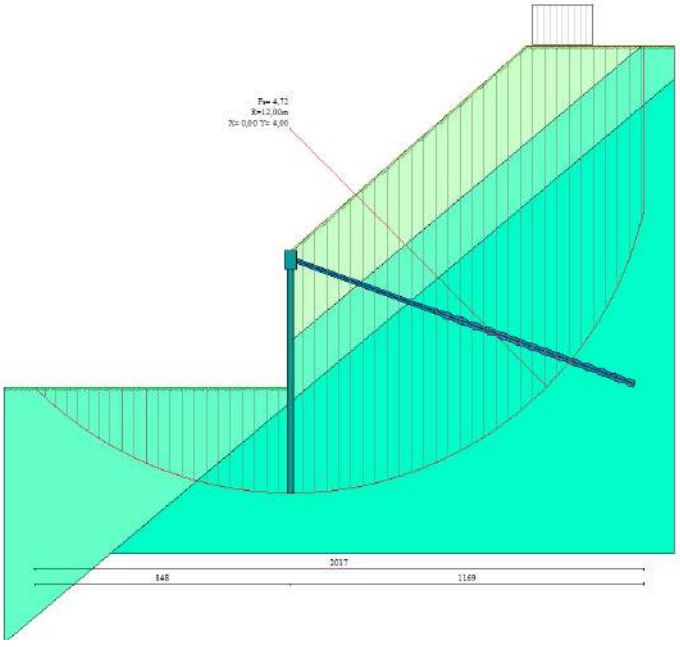
N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 2 - SLU - GEO
Numero di strisce 52
Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
1	146,86	-43.77	0,50	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
2	445,36	-41.44	0,48	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
3	720,66	-39.18	0,46	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
4	974,98	-36.99	0,45	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
5	1210,13	-34.87	0,44	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
6	1427,62	-32.80	0,43	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
7	1628,68	-30.77	0,42	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
8	2010,79	-28.69	0,45	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
9	2217,32	-26.55	0,44	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
10	2405,57	-24.45	0,44	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
11	2576,48	-22.38	0,43	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
12	2730,85	-20.34	0,42	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
13	2869,35	-18.33	0,42	14.16	1,200	0,000	(0; 0)
14	2992,57	-16.35	0,41	14.16	1,200	0,000	(0; 0)

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
15	3106,26	-14.38	0,41	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
16	3216,89	-12.43	0,41	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
17	3313,34	-10.49	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
18	3395,48	-8.57	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
19	3463,57	-6.65	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
20	3517,78	-4.75	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
21	3558,27	-2.85	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
22	3585,11	-0.95	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
23	7299,16	0.96	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
24	7642,45	2.87	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
25	7971,75	4.79	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
26	8286,96	6.71	0,40	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
27	8587,92	8.64	0,41	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
28	8874,45	10.58	0,41	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
29	9146,30	12.54	0,41	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
30	9403,15	14.50	0,41	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
31	9644,63	16.49	0,42	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
32	9870,28	18.50	0,42	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
33	10079,57	20.53	0,43	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
34	10271,87	22.58	0,43	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
35	10446,43	24.67	0,44	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
36	10602,40	26.80	0,45	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
37	10738,73	28.96	0,46	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
38	10854,21	31.17	0,47	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
39	10947,38	33.44	0,48	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
40	11016,49	35.76	0,49	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
41	11059,43	38.16	0,51	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
42	11058,40	40.64	0,53	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
43	11338,34	43.21	0,55	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
44	11053,58	45.90	0,58	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
45	10727,12	48.72	0,61	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
46	10351,60	51.72	0,65	24.79	2,000	0,000	(2099; 694)
47	9894,64	54.92	0,70	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
48	8885,68	58.42	0,77	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
49	8275,33	62.30	0,86	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
50	7517,81	66.79	1,02	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
51	6500,93	72.37	1,32	24.79	2,000	0,000	(0; 0)
52	1011,87	76.24	0,30	24.79	2,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
ΣW_i = 330872,77 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$ = 124316,98 [kg]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$ = 122061,40 [kg]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$ = 461008,94 [kg]



Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A_f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
Lf	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ_f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N	Af	Lf	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kg]	*[cmq]*	*[m]*	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*		
1	28205	4,17	7,00	12,00	6763,80	0,78939	31806	46077	415428	1.128	1

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M_u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

n° - Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	*[kgm]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kg]*	
3 - SLV - GEO	2,30	-3868	3854	-5867	5845	1.517

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza a taglio (V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 40,75 cmq

n° - Tipo	Y	V_{Ed}	V_{Rd}	FS
	[m]	*[kg]*	*[kg]*	
3 - SLV - GEO	4,30	4808	51348	10.679

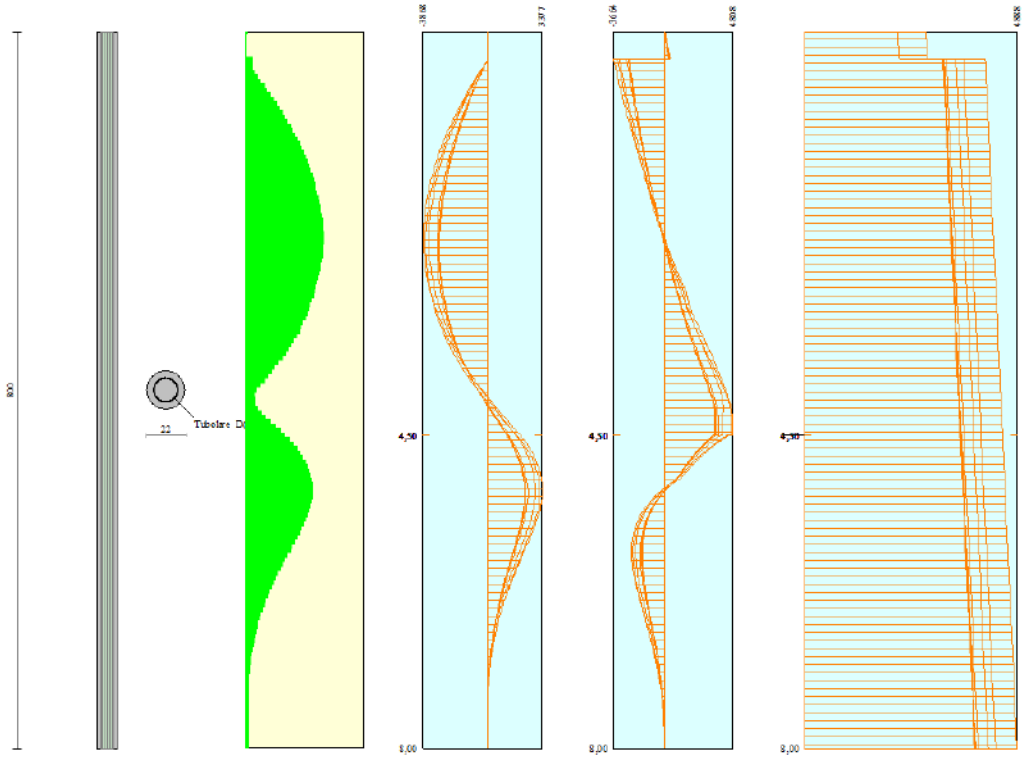
Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]
τ_f	tensione tangenziale in [kg/cmq]
σ_{id}	tensione ideale espressa in [kg/cmq]

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

σ_f	τ_f	σ_{id}	cmb
[kg/cmq]	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	
2460,65	0,77	2460,65	4



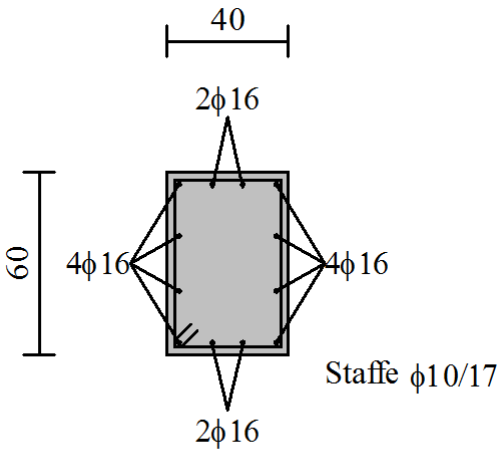
Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=40,00 [cm]	H=60,00 [cm]		
A_{fv}=8,04 [cmq]	A_{fh}=4,02 [cmq]	Staffe ϕ10/17	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=11081 [kgm]	M_{uh}=11204 [kgm]	FS=1.01	
T_h=14774 [kg]	T_{Rh}=24555 [kg]	FS_T=1.66	
M_V=4033 [kgm]	M_{uv}=17452 [kgm]	FS=4.33	
T_v=5377 [kg]	T_R=37827 [kg]	FS_{Tv}=7.03	

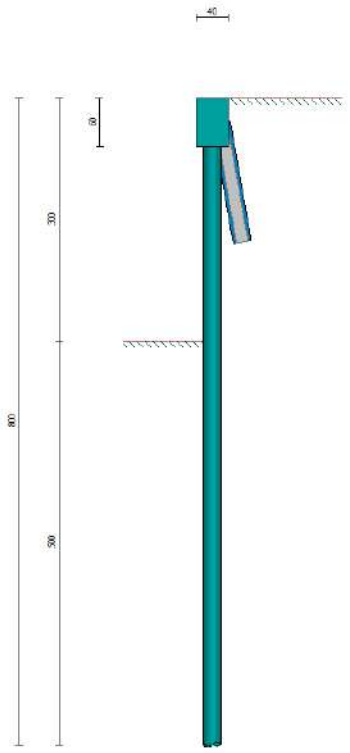


Cordolo N. 1(Quota 0,00)

4.1.3 Paratia di micropali – tratto sez. 12 e tratto sez.10-8

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**		
Altezza fuori terra	3,00	[m]
Profondità di infissione	5,00	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,50	[m]
Diametro dei micropali	22,00	[cm]
Numero totale di micropali	20	
Numero di micropali per metro lineare	2.00	
Diametro esterno del tubolare	139,70	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]



n° 10 tiranti passivi interasse 1,00 m - Ordinata fila y = 0,20 m
D= 220 mm A= 10.0° L=12,00 m

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		*[cm]*	*[cm]*	*[cmq]*	*[cm^3]*
1	0,00	Calcestruzzo	40,00	60,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
2	1,49	0,00	0.00
3	1,50	-1,00	-89.43
4	5,00	-1,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
1	-10,00	-3,00	0.00
2	0,00	-3,00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	livello Ia	1660,0	1880,0	28.00	14.00	0,000
2	livello Ib	1950,0	2200,0	35.50	23.67	0,000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cmq]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
			[kg/cmq]		*[kg/cmq]*
1	livello Ia	1.10	0,500	1.10	0,500
2	livello Ib	1.10	0,750	1.10	0,750

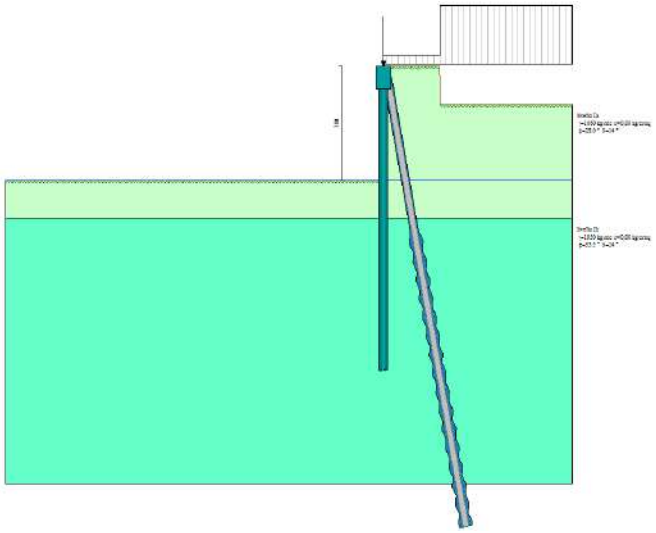
Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	Kw_M	Kw_V	Terreno M	Terreno V
	[m]	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq/cm]*	*[kg/cmq/cm]*		
1	4,00	0.00	0.00	0.53	0.53	livello Ia	livello Ia
2	7,00	0.00	0.00	3.15	3.15	livello Ib	livello Ib

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	3,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	3,00	[m]
Regime delle pressioni neutre:	**Idrostatico**	



Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante passivo (micropalo)

Calcolo tiranti:	VERIFICA	
Diametro della perforazione	22,00	[cm]
Coeff. di espansione laterale	1.10	
Malta utilizzata per i tiranti		
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	255	[kg/cmq]
Acciaio utilizzato per i tiranti		
Tipo	S 355	
Tensione di snervamento f_{yk}	3620	[kg/cmq]
Tiranti passivi armati con tubolare		
Diametro esterno del tubolare:	139,70	[mm]
Spessore del tubolare:	10,00	[mm]
Metodo di calcolo dei tiranti:	BUSTAMANTE-DOIX	
Superficie di ancoraggio	Angolo di rottura	
Tensione limite resistenza malta	Media valori τ_{c0} e τ_{c1}	

Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]
T	tiro iniziale espresso in [kg]

n°	Tipo	Y	I	f	Alfa	ALL	nr	Lt	Lf	T
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[°]*			*[m]*	*[m]*	*[kg]*
1	Tirante passivo (micropalo)	0,30	1,00	0,20	80.00	Sfalsati	10	12,00	--	--

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls}	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n

	[kg/mc]		*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*		
Paratia	2500	C25/30	306	320666	Fe 510	15.00
Cordolo/Muro	2500	C20/25	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate
Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Ig Indice di gruppo
F_x Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F_y Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Permanente - placaggio

Carico concentrato sulla paratia	Y=0,00	F_x=0	F_y=3800	M=0	

Condizione n° 2 - Permanente - edificio

Carico distribuito sul profilo	X_i = 1,50	X_f = 5,00	Q_i = 3000	Q_f = 3000	

Condizione n° 3 - Variabile - var terrapieno/edificio (Ig=0) [Ψ_0=0.70 - Ψ_1=0.50 - Ψ_2=0.20]

Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 5,00	Q_i = 500	Q_f = 500	

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
placaggio	SFAV	1.30	1.00
edificio	SFAV	1.30	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	0.20

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	0.50

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	0.20

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

			Statici		Sismici	
Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**R3**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	ξ_3=1,80	ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio

Sezione in acciaio

$V_{c,Rd}=A_v*f_{yd}/3.0^{0.5}$
con:
A_v Area lorda sezione profilo

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Combinazioni/Fase	**SLU**	**SLE**
Accelerazione al suolo [m/s^2]	1.027	0.407
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.438	2.531
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.285	0.230
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	E	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.600	1.600
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza Us [m]	0.040	0.040
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.642	0.642
Prodotto α β	0.642 > 0.2	
Coefficiente di intensità sismica (percento)	10.748	4.256
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte
Forma diagramma incremento sismico : Rettangolare

Risultati

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	4319	2,10	--	--	0	0,00	-3395	4,46	989	6,73
2	SLU - GEO	5054	2,37	--	--	0	0,00	-4048	5,01	1241	7,24
3	SLV - GEO	4329	2,68	1913	1,50	0	0,00	-4898	5,06	1528	7,29

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
4	SLE - Rara	3476	2,21	--	--	0	0,00	-2774	4,57	797	6,85
5	SLE - Frequente	3245	2,25	--	--	0	0,00	-2639	4,55	747	6,83
6	SLE - Quasi permanente	3106	2,28	--	--	0	0,00	-2556	4,54	718	6,82
7	SLD	3092	2,35	396	1,50	0	0,00	-2820	4,57	799	6,85

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	0	0,00	1913	0,30	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	2247	0,30	0	0,00	0	0,00
3	SLV - GEO	0	0,00	2872	0,30	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Rara	0	0,00	1498	0,30	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Frequente	0	0,00	1354	0,30	0	0,00	0	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0	0,00	1267	0,30	0	0,00	0	0,00
7	SLD	0	0,00	1467	0,30	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kg]

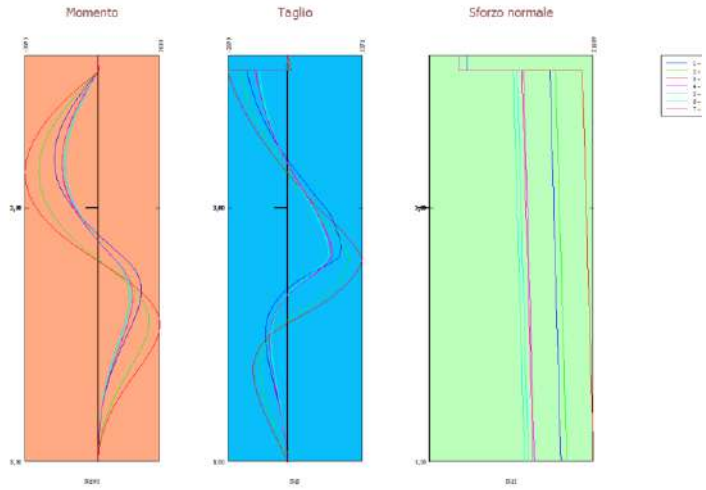
n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[%]*	*[%]*	*[m]*
1	SLU - STR	3,79	4,25	5,54	24,75	3,82	9957
2	SLU - GEO	4,00	5,10	6,17	42,57	10,49	4836
3	SLV - GEO	4,01	5,20	6,23	44,55	12,87	9957
4	SLE - Rara	3,98	4,45	5,67	28,71	4,72	9957
5	SLE - Frequente	3,96	4,40	5,65	27,72	4,48	9957
6	SLE - Quasi permanente	3,94	4,35	5,64	27,72	4,29	9957
7	SLD	3,98	4,40	5,67	28,71	4,80	9957

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kgm]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	
1	SLU - STR	1811	4,60	2406	3,75	17308	8,00	MAX
		-1867	2,05	-1811	0,30	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	2145	5,25	2807	4,00	18066	8,00	MAX
		-2517	2,30	-2143	0,30	0	0,00	MIN
3	SLV - GEO	2610	5,30	3371	4,00	21609	8,00	MAX
		-3095	2,30	-2690	0,30	0	0,00	MIN
4	SLE - Rara	1453	4,75	1977	3,95	13819	8,00	MAX
		-1537	2,10	-1427	0,30	0	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	1364	4,75	1892	3,95	12997	8,00	MAX
		-1450	2,10	-1306	0,30	0	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	1310	4,75	1838	3,90	12508	8,00	MAX
		-1400	2,15	-1234	0,30	0	0,00	MIN
7	SLD	1456	4,75	2021	3,95	13642	8,00	MAX
		-1547	2,15	-1405	0,30	0	0,00	MIN



Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	*[m]*	*[cm]*	*[m]*	
1	SLU - STR	0,6106	1,10	0,0530	0,00	MAX
		-0,0181	6,50	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,7765	1,75	0,0552	0,00	MAX
		-0,0276	8,00	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	0,9683	1,75	0,0664	0,00	MAX
		-0,0372	8,00	0,0000	0,00	MIN
4	SLE - Rara	0,4915	1,25	0,0418	0,00	MAX
		-0,0146	6,65	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	0,4546	1,30	0,0392	0,00	MAX
		-0,0137	6,60	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	0,4328	1,30	0,0377	0,00	MAX
		-0,0132	6,60	0,0000	0,00	MIN
7	SLD	0,4865	1,30	0,0412	0,00	MAX
		-0,0147	6,65	0,0000	0,00	MIN



Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
Tipo Tipo combinazione/Fase
Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
1	SLU - STR	4,0000	0,6106
2	SLU - GEO	4,0000	0,7765
3	SLV - GEO	4,0000	0,9683
4	SLE - Rara	4,0000	0,4915
5	SLE - Frequente	4,0000	0,4546
6	SLE - Quasi permanente	4,0000	0,4328
7	SLD	4,0000	0,4865

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T Reazione tiranti espresso in [kg]
P Reazione puntoni espresso in [kg]
V Reazione vincoli espresso in [kg]
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della partia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kgm]*		
3	SLV - GEO	19547 4,75	41605 6,48	0 0,00	2872 0,30	0 0,00	0 0,00	0 0,00	59763	85228	1.426	2.421

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C, Y_C	R	X_V, Y_V	X_M, Y_M	FS
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	
2	SLU - GEO	-3,20; 0,00	8,62	-11,29; -2,98	5,37; -1,00	1.981
3	SLV - GEO	-3,20; 0,00	8,62	-11,29; -2,98	5,37; -1,00	2.094

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N° numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espressa in [m]
L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

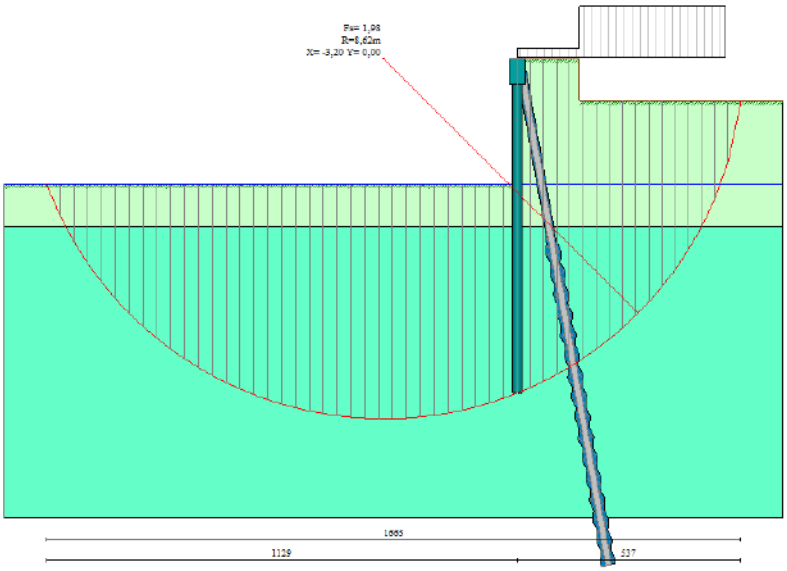
Combinazione n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
1	228,34	-66.98	0,85	23.04	0,000	0,037	(0; 0)
2	677,46	-61.82	0,70	26.38	0,000	0,107	(0; 0)
3	1088,31	-57.43	0,62	29.71	0,000	0,164	(0; 0)
4	1441,97	-53.52	0,56	29.71	0,000	0,212	(0; 0)
5	1750,08	-49.95	0,52	29.71	0,000	0,254	(0; 0)
6	2022,56	-46.63	0,48	29.71	0,000	0,291	(0; 0)
7	2265,86	-43.50	0,46	29.71	0,000	0,325	(0; 0)
8	2484,48	-40.52	0,44	29.71	0,000	0,355	(0; 0)
9	2681,69	-37.68	0,42	29.71	0,000	0,382	(0; 0)
10	2859,95	-34.94	0,40	29.71	0,000	0,406	(0; 0)
11	3021,20	-32.28	0,39	29.71	0,000	0,428	(0; 0)
12	3166,93	-29.71	0,38	29.71	0,000	0,448	(0; 0)
13	3298,36	-27.20	0,37	29.71	0,000	0,466	(0; 0)
14	3416,49	-24.74	0,37	29.71	0,000	0,482	(0; 0)
15	3522,13	-22.33	0,36	29.71	0,000	0,497	(0; 0)
16	3615,94	-19.96	0,35	29.71	0,000	0,510	(0; 0)
17	3698,49	-17.63	0,35	29.71	0,000	0,521	(0; 0)
18	3770,23	-15.33	0,34	29.71	0,000	0,531	(0; 0)
19	3831,55	-13.05	0,34	29.71	0,000	0,539	(0; 0)
20	3882,75	-10.79	0,34	29.71	0,000	0,546	(0; 0)
21	3924,09	-8.55	0,34	29.71	0,000	0,552	(0; 0)
22	3955,76	-6.33	0,33	29.71	0,000	0,556	(0; 0)
23	3977,91	-4.11	0,33	29.71	0,000	0,559	(0; 0)
24	3990,64	-1.90	0,33	29.71	0,000	0,561	(0; 0)
25	3994,01	0.31	0,33	29.71	0,000	0,561	(0; 0)
26	3988,02	2.52	0,33	29.71	0,000	0,561	(0; 0)
27	3972,66	4.73	0,33	29.71	0,000	0,559	(0; 0)
28	3947,86	6.95	0,33	29.71	0,000	0,555	(0; 0)
29	3913,50	9.18	0,34	29.71	0,000	0,550	(0; 0)
30	3869,42	11.42	0,34	29.71	0,000	0,544	(0; 0)
31	3815,41	13.69	0,34	29.71	0,000	0,537	(0; 0)
32	3751,21	15.97	0,35	29.71	0,000	0,528	(0; 0)
33	3676,48	18.28	0,35	29.71	0,000	0,518	(0; 0)
34	3590,83	20.62	0,35	29.71	0,000	0,506	(0; 0)
35	5102,06	22.94	0,34	29.71	0,000	0,493	(0; 0)
36	5004,00	25.24	0,35	29.71	0,000	0,479	(0; 0)
37	4895,06	27.59	0,36	29.71	0,000	0,464	(0; 0)
38	4774,55	29.98	0,36	29.71	0,000	0,446	(7316; 0)
39	4738,30	32.44	0,37	29.71	0,000	0,427	(0; 0)
40	4918,35	34.96	0,39	29.71	0,000	0,406	(0; 0)
41	4757,40	37.57	0,40	29.71	0,000	0,383	(0; 0)
42	4580,25	40.27	0,41	29.71	0,000	0,357	(0; 0)
43	4384,91	43.08	0,43	29.71	0,000	0,329	(0; 0)
44	4168,81	46.03	0,45	29.71	0,000	0,298	(0; 0)
45	3928,46	49.14	0,48	29.71	0,000	0,263	(0; 0)
46	3659,03	52.47	0,52	29.71	0,000	0,225	(0; 0)
47	3353,36	56.08	0,57	29.71	0,000	0,181	(0; 0)
48	3000,08	60.06	0,63	29.71	0,000	0,130	(0; 0)
49	2610,09	64.61	0,74	23.04	0,000	0,069	(0; 0)
50	1979,05	70.15	0,93	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
51	388,67	77.99	1,52	23.04	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
ΣW_i = 173335,02 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$ = 22608,50 [kg]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$ = 83945,08 [kg]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$ = 0,00 [kg]



Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A_f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
Lf	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ_f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N	Af	Lf	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kg]	*[cmq]*	*[m]*	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*		
1	16539	40,75	8,00	12,00	405,91	0,81920	25659	365553	681102	1.551	3

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M_u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

n° - Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	*[kgm]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kg]*	
3 - SLV - GEO	2,30	-1547	10263	-5739	38063	3.709

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza a taglio (V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 40,75 cmq

n° - Tipo	Y	V_{Ed}	V_{Rd}	FS
	[m]	*[kg]*	*[kg]*	
3 - SLV - GEO	4,00	1685	51348	30.467

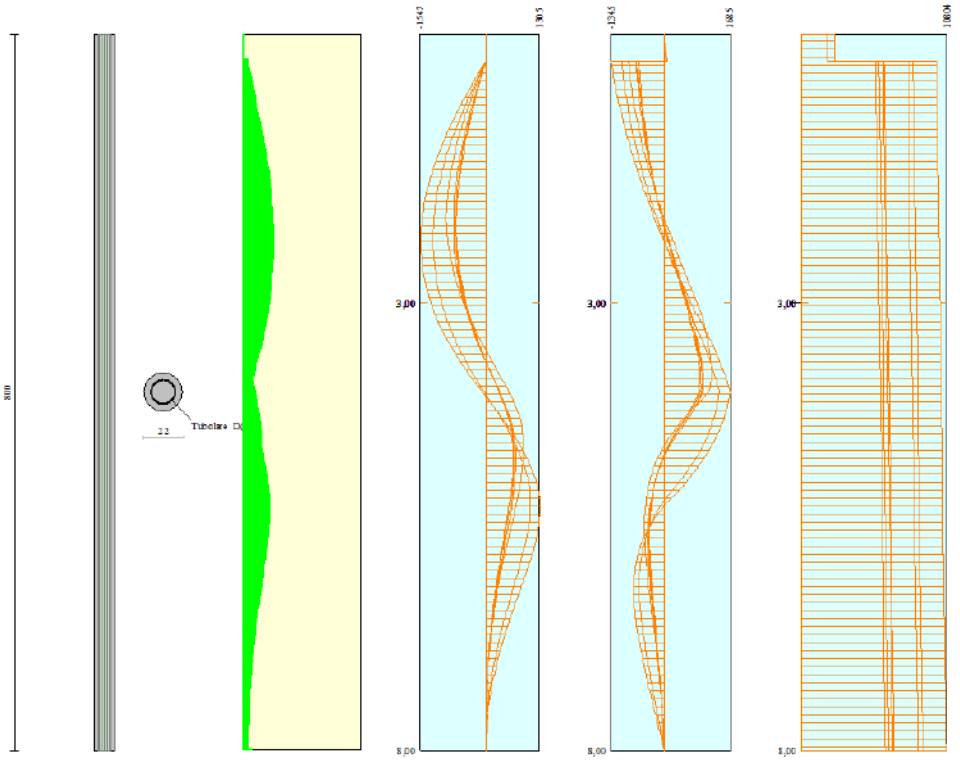
Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]
τ_f	tensione tangenziale in [kg/cmq]
σ_{id}	tensione ideale espressa in [kg/cmq]

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

σ_f	τ_f	σ_{id}	cmb
[kg/cmq]	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	
778,55	0,17	778,55	4



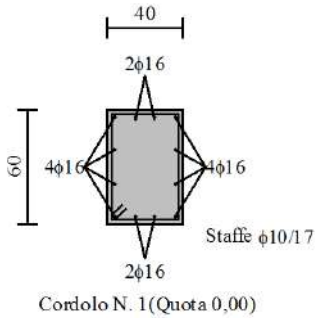
Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=40,00 [cm]	H=60,00 [cm]		
A_{fv}=8,04 [cmq]	A_{fh}=4,02 [cmq]	Staffe ϕ10/17	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=359 [kgm]	M_{uh}=11204 [kgm]	FS=31.21	
T_h=1436 [kg]	T_{Rh}=24555 [kg]	FS_T=17.10	
M_v=2036 [kgm]	M_{uv}=17452 [kgm]	FS=8.57	
T_v=8144 [kg]	T_R=37827 [kg]	FS_{Tv}=4.64	



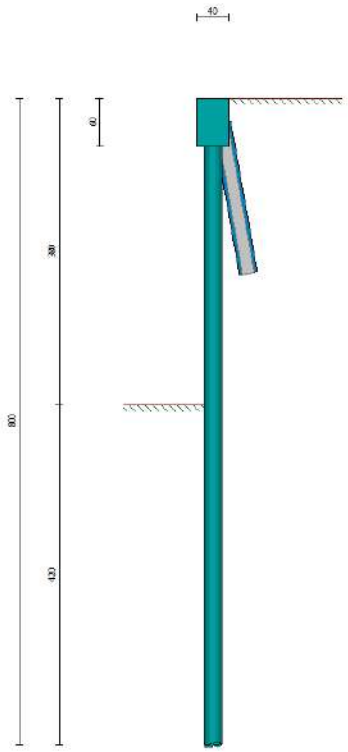
Cordolo N. 1(Quota 0,00)

4.1.4 Paratia di micropali – tratto sez. 7- 6

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**		
Altezza fuori terra	3,80	[m]
Profondità di infissione	4,20	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,50	[m]
Diametro dei micropali	22,00	[cm]
Numero totale di micropali	20	
Numero di micropali per metro lineare	2.00	
Diametro esterno del tubolare	139,70	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]



Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		*[cm]*	*[cm]*	*[cmq]*	*[cm^3]*
1	0,00	Calcestruzzo	40,00	60,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
2	1,49	0,00	0.00
3	1,50	-1,00	-89.43
4	5,00	-1,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
1	-10,00	-3,80	0.00
2	0,00	-3,80	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata
n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	livello Ia	1660,0	1880,0	28.00	14.00	0,000
2	livello Ib	1950,0	2200,0	35.50	23.67	0,000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata
α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cmq]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
			[kg/cmq]		*[kg/cmq]*
1	livello Ia	1.10	0,500	1.10	0,500
2	livello Ib	1.10	0,750	1.10	0,750

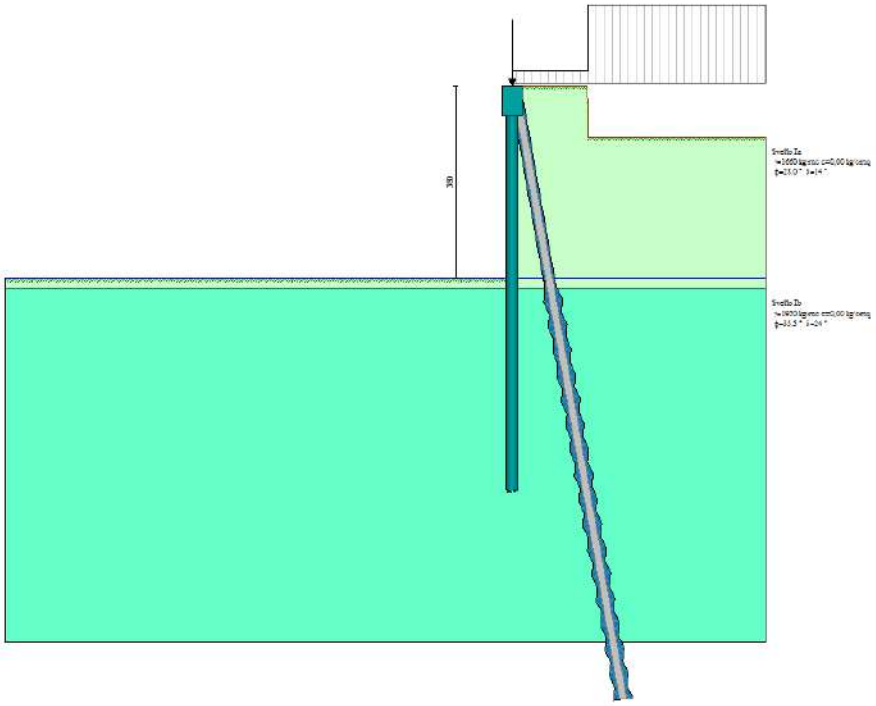
Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata
n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	Kw_M	Kw_V	Terreno M	Terreno V
	[m]	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq/cm]*	*[kg/cmq/cm]*		
1	4,00	0.00	0.00	0.53	0.53	livello Ia	livello Ia
2	7,00	0.00	0.00	3.15	3.15	livello Ib	livello Ib

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	3,80	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	3,80	[m]
Regime delle pressioni neutre:	**Idrostatico**	



Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante passivo (micropalo)

Calcolo tiranti:	VERIFICA	
Diametro della perforazione	22,00	[cm]
Coeff. di espansione laterale	1.10	
Malta utilizzata per i tiranti		
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	255	[kg/cmq]
Acciaio utilizzato per i tiranti		
Tipo	S 355	
Tensione di snervamento f_{yk}	3620	[kg/cmq]
Tiranti passivi armati con tubolare		
Diametro esterno del tubolare:	139,70	[mm]
Spessore del tubolare:	10,00	[mm]
Metodo di calcolo dei tiranti:	BUSTAMANTE-DOIX	
Superficie di ancoraggio	Angolo di rottura	
Tensione limite resistenza malta	Media valori τ_{c0} e τ_{c1}	

Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]
T	tiro iniziale espresso in [kg]

n°	Tipo	Y	I	f	Alfa	ALL	nr	Lt	Lf	T
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[°]*			*[m]*	*[m]*	*[kg]*
1	Tirante passivo (micropalo)	0,30	1,00	0,20	80.00	Sfalsati	10	12,00	--	--

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls}	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*		
Paratia	2500	C25/30	306	320666	Fe 510	15.00
Cordolo/Muro	2500	C20/25	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Ig	Indice di gruppo
F_x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F_y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V_i, V_s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Permanente - placaggio

Carico concentrato sulla paratia	Y=0,00	F_x=0	F_y=3800	M=0	

Condizione n° 2 - Permanente - edificio

Carico distribuito sul profilo	X_i = 1,50	X_f = 5,00	Q_i = 3000	Q_f = 3000	

Condizione n° 3 - Variabile - var terrapieno/edificio (Ig=0) [Ψ_0=0.70 - Ψ_1=0.50 - Ψ_2=0.20]

Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 5,00	Q_i = 500	Q_f = 500	

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
placaggio	SFAV	1.30	1.00
edificio	SFAV	1.30	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	0.20

Combinazione n° 4 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	0.50

Combinazione n° 6 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	0.20

Combinazione n° 7 - SLD

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
placaggio	SFAV	1.00	1.00
edificio	SFAV	1.00	1.00
var terrapieno/edificio	SFAV	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

			Statici		Sismici	
Carichi	**Effetto**		**A1**	**A2**	**A1**	**A2**
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		**M1**	**M2**	**M1**	**M2**
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**R3**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	ξ_3=1,80	ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio
Sezione in acciaio

$V_{c,Rd}=A_v*f_{yd}/3.0^{0.5}$
con:
A_v Area lorda sezione profilo

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Combinazioni/Fase	**SLU**	**SLE**
Accelerazione al suolo [m/s^2]	1.027	0.407
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.438	2.531
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.285	0.230
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	E	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.600	1.600
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza Us [m]	0.040	0.040
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.642	0.642
Prodotto α β	0.642 > 0.2	
Coefficiente di intensità sismica (percento)	10.748	4.256
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte
Forma diagramma incremento sismico : Rettangolare

Risultati

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	6388	2,61	--	--	0	0,00	-5407	5,13	1625	7,31
2	SLU - GEO	6714	2,73	--	--	0	0,00	-5958	5,91	2327	7,65

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
3	SLV - GEO	5843	2,96	2312	1,90	0	0,00	-7047	5,95	2790	7,67
4	SLE - Rara	4912	2,64	--	--	0	0,00	-4206	5,28	1330	7,39
5	SLE - Frequente	4664	2,69	--	--	0	0,00	-4054	5,25	1260	7,38
6	SLE - Quasi permanente	4515	2,72	--	--	0	0,00	-3963	5,23	1219	7,37
7	SLD	4483	2,75	482	1,90	0	0,00	-4283	5,27	1345	7,39

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	0	0,00	2606	0,30	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	3083	0,30	0	0,00	0	0,00
3	SLV - GEO	0	0,00	3897	0,30	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Rara	0	0,00	2035	0,30	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Frequente	0	0,00	1869	0,30	0	0,00	0	0,00
6	SLE - Quasi permanente	0	0,00	1771	0,30	0	0,00	0	0,00
7	SLD	0	0,00	2027	0,30	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kg]

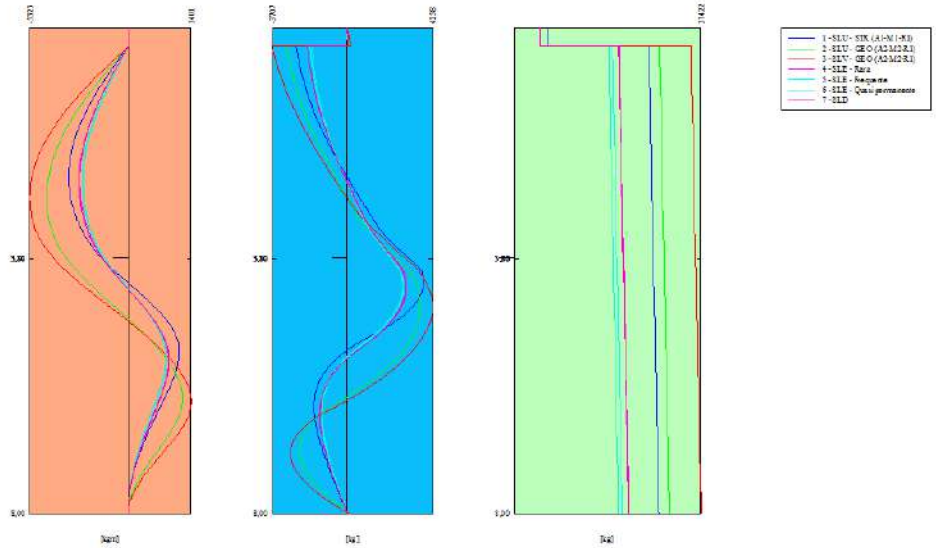
n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[%]*	*[%]*	*[m]*
1	SLU - STR	4,21	5,10	6,27	31,76	7,58	8774
2	SLU - GEO	4,60	6,20	6,97	57,65	23,02	4256
3	SLV - GEO	4,63	6,30	7,02	60,00	27,66	8774
4	SLE - Rara	4,28	5,30	6,41	36,47	9,06	8774
5	SLE - Frequente	4,27	5,25	6,39	35,29	8,56	8774
6	SLE - Quasi permanente	4,26	5,25	6,37	34,12	8,35	8774
7	SLD	4,28	5,30	6,41	36,47	9,22	8774

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kgm]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	
1	SLU - STR	2756	5,35	3782	4,20	21239	8,00	MAX
		-3217	2,45	-2504	0,30	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	2943	6,10	3631	4,55	22805	8,00	MAX
		-4394	2,80	-2978	0,30	0	0,00	MIN
3	SLV - GEO	3401	6,15	4258	4,60	27422	8,00	MAX
		-5323	2,80	-3707	0,30	0	0,00	MIN
4	SLE - Rara	2177	5,45	2876	4,25	16862	8,00	MAX
		-2616	2,50	-1964	0,30	0	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	2077	5,45	2794	4,25	15922	8,00	MAX
		-2499	2,55	-1822	0,30	0	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	2016	5,45	2744	4,25	15363	8,00	MAX
		-2431	2,55	-1738	0,30	0	0,00	MIN
7	SLD	2205	5,45	2938	4,25	16817	8,00	MAX
		-2662	2,55	-1962	0,30	0	0,00	MIN

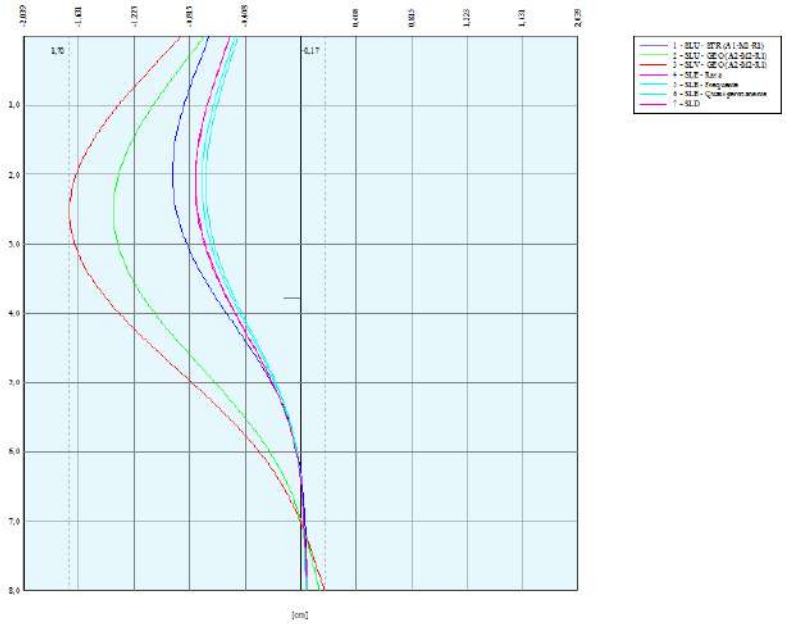


Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	*[m]*	*[cm]*	*[m]*	
1	SLU - STR	0,9438	2,00	0,0654	0,00	MAX
		-0,0416	8,00	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	1,3772	2,55	0,0702	0,00	MAX
		-0,1372	8,00	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	1,6988	2,55	0,0848	0,00	MAX
		-0,1745	8,00	0,0000	0,00	MIN
4	SLE - Rara	0,7725	2,10	0,0514	0,00	MAX
		-0,0413	8,00	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Frequente	0,7254	2,10	0,0484	0,00	MAX
		-0,0379	8,00	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Quasi permanente	0,6975	2,10	0,0467	0,00	MAX
		-0,0360	8,00	0,0000	0,00	MIN
7	SLD	0,7772	2,10	0,0513	0,00	MAX
		-0,0415	8,00	0,0000	0,00	MIN



Verifica a spostamento

Simbologia adottata
n° Indice combinazione/Fase
Tipo Tipo combinazione/Fase
Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
1	SLU - STR	4,0000	0,9438
2	SLU - GEO	4,0000	1,3772
3	SLV - GEO	4,0000	1,6988
4	SLE - Rara	4,0000	0,7725
5	SLE - Frequente	4,0000	0,7254
6	SLE - Quasi permanente	4,0000	0,6975
7	SLD	4,0000	0,7772

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T Reazione tiranti espresso in [kg]
P Reazione puntoni espresso in [kg]
V Reazione vincoli espresso in [kg]
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della partia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kgm]*		
3	SLV - GEO	20867 4,77	32081 6,68	0 0,00	3897 0,30	0 0,00	0 0,00	0 0,00	63373	72237	1.140	1.836

Stabilità globale

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C, Y_C	R	X_V, Y_V	X_M, Y_M	FS
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	
2	SLU - GEO	-3,20; 0,00	8,62	-10,94; -3,78	5,37; -1,00	1.741
3	SLV - GEO	-3,20; 0,00	8,62	-10,94; -3,78	5,37; -1,00	1.922

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N° numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espressa in [m]
L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

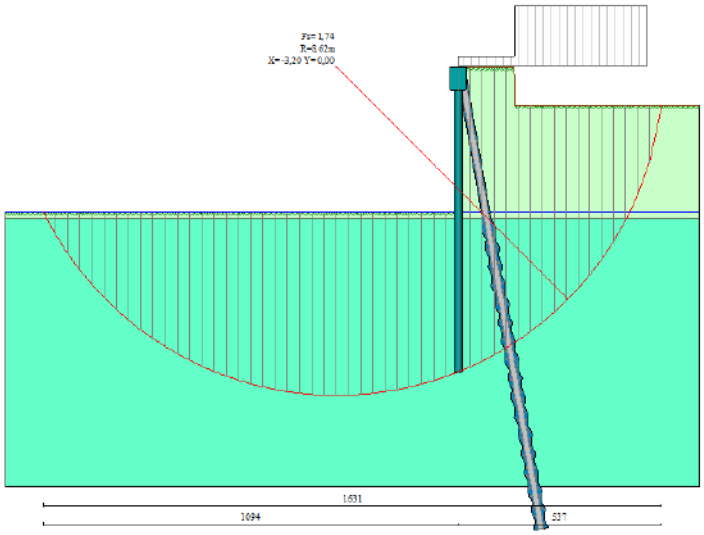
Combinazione n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
1	183,13	-61.70	0,68	26.38	0,000	0,028	(0; 0)
2	569,08	-57.45	0,60	29.71	0,000	0,083	(0; 0)
3	902,37	-53.66	0,54	29.71	0,000	0,130	(0; 0)
4	1193,82	-50.18	0,50	29.71	0,000	0,172	(0; 0)
5	1452,35	-46.94	0,47	29.71	0,000	0,208	(0; 0)
6	1683,83	-43.89	0,45	29.71	0,000	0,241	(0; 0)
7	1892,39	-40.99	0,43	29.71	0,000	0,270	(0; 0)
8	2081,03	-38.21	0,41	29.71	0,000	0,297	(0; 0)
9	2252,03	-35.53	0,40	29.71	0,000	0,321	(0; 0)
10	2407,19	-32.94	0,38	29.71	0,000	0,343	(0; 0)
11	2547,90	-30.43	0,37	29.71	0,000	0,363	(0; 0)
12	2675,29	-27.97	0,36	29.71	0,000	0,381	(0; 0)
13	2790,31	-25.57	0,36	29.71	0,000	0,397	(0; 0)
14	2893,70	-23.22	0,35	29.71	0,000	0,412	(0; 0)
15	2986,11	-20.91	0,34	29.71	0,000	0,425	(0; 0)
16	3068,07	-18.64	0,34	29.71	0,000	0,436	(0; 0)
17	3140,01	-16.39	0,34	29.71	0,000	0,446	(0; 0)
18	3202,29	-14.18	0,33	29.71	0,000	0,455	(0; 0)
19	3255,24	-11.98	0,33	29.71	0,000	0,463	(0; 0)
20	3299,08	-9.80	0,33	29.71	0,000	0,469	(0; 0)
21	3334,02	-7.63	0,32	29.71	0,000	0,474	(0; 0)
22	3360,21	-5.48	0,32	29.71	0,000	0,478	(0; 0)
23	3377,77	-3.33	0,32	29.71	0,000	0,480	(0; 0)
24	3386,77	-1.19	0,32	29.71	0,000	0,481	(0; 0)
25	3387,24	0.95	0,32	29.71	0,000	0,481	(0; 0)
26	3379,20	3.09	0,32	29.71	0,000	0,480	(0; 0)
27	3362,60	5.24	0,32	29.71	0,000	0,478	(0; 0)
28	3337,38	7.39	0,32	29.71	0,000	0,474	(0; 0)
29	3303,43	9.56	0,33	29.71	0,000	0,470	(0; 0)
30	3260,59	11.73	0,33	29.71	0,000	0,463	(0; 0)
31	3208,68	13.93	0,33	29.71	0,000	0,456	(0; 0)
32	3147,46	16.15	0,34	29.71	0,000	0,447	(0; 0)
33	3076,61	18.39	0,34	29.71	0,000	0,437	(0; 0)
34	2995,80	20.66	0,34	29.71	0,000	0,426	(0; 0)
35	5046,51	22.94	0,34	29.71	0,000	0,413	(0; 0)
36	4948,44	25.24	0,35	29.71	0,000	0,399	(0; 0)
37	4839,50	27.59	0,36	29.71	0,000	0,384	(0; 0)
38	4719,00	29.98	0,36	29.71	0,000	0,366	(9546; 0)
39	4682,74	32.44	0,37	29.71	0,000	0,347	(0; 0)
40	4862,79	34.96	0,39	29.71	0,000	0,326	(0; 0)
41	4701,85	37.57	0,40	29.71	0,000	0,303	(0; 0)
42	4524,69	40.27	0,41	29.71	0,000	0,277	(0; 0)
43	4329,36	43.08	0,43	29.71	0,000	0,249	(0; 0)
44	4113,25	46.03	0,45	29.71	0,000	0,218	(0; 0)
45	3872,90	49.14	0,48	29.71	0,000	0,183	(0; 0)
46	3603,47	52.47	0,52	29.71	0,000	0,145	(0; 0)
47	3297,80	56.08	0,57	29.71	0,000	0,101	(0; 0)
48	2944,52	60.06	0,63	29.71	0,000	0,050	(0; 0)
49	2564,72	64.61	0,74	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
50	1973,96	70.15	0,93	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
51	388,67	77.99	1,52	23.04	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
ΣW_i = 155807,15 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$ = 26638,92 [kg]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$ = 75310,97 [kg]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$ = 0,00 [kg]



Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A_f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
Lf	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ_f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N	Af	Lf	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kg]	*[cmq]*	*[m]*	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*		
1	22442	40,75	8,41	12,00	550,77	1,02011	26715	384344	716114	1.190	3

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M_u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

n° - Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	*[kgm]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kg]*	
3 - SLV - GEO	2,80	-2662	13217	-5869	29142	2.205

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza a taglio (V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 40,75 cmq

n° - Tipo	Y	V_{Ed}	V_{Rd}	FS
	[m]	*[kg]*	*[kg]*	
3 - SLV - GEO	4,60	2129	51348	24.121

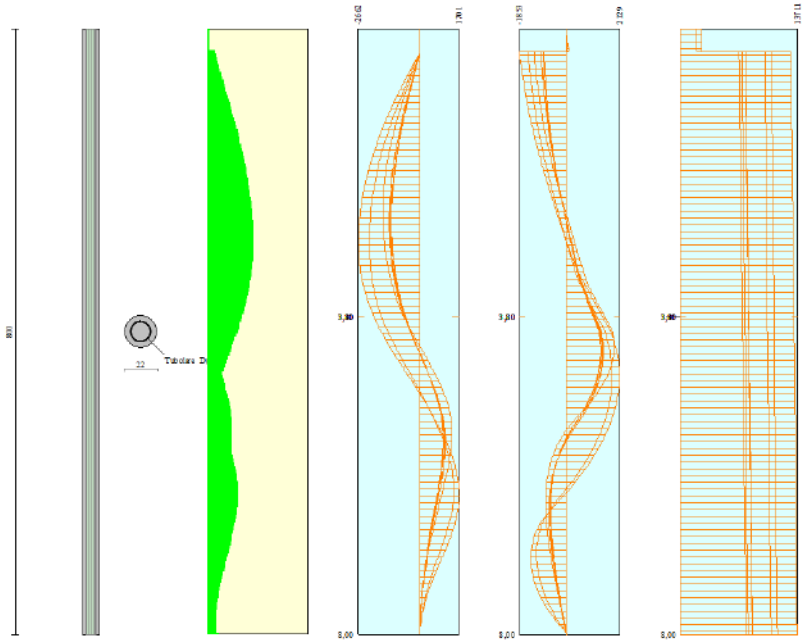
Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]
τ_f	tensione tangenziale in [kg/cmq]
σ_{id}	tensione ideale espressa in [kg/cmq]

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

σ_f	τ_f	σ_{id}	cmb
[kg/cmq]	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	
1254,05	0,42	1254,05	4



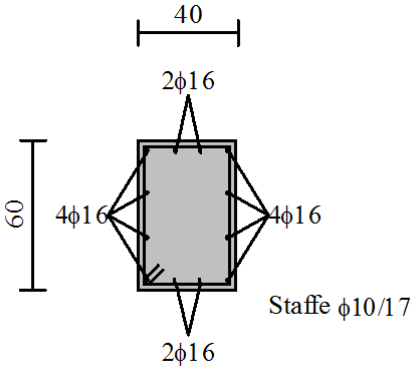
Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=40,00 [cm]	H=60,00 [cm]		
A_{fv}=8,04 [cmq]	A_{fh}=4,02 [cmq]	Staffe ϕ10/17	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=487 [kgm]	M_{uh}=11204 [kgm]	FS=23.00	
T_h=1949 [kg]	T_{Rh}=24555 [kg]	FS_T=12.60	
M_v=2763 [kgm]	M_{uv}=17452 [kgm]	FS=6.32	
T_v=11051 [kg]	T_R=37827 [kg]	FS_{Tv}=3.42	



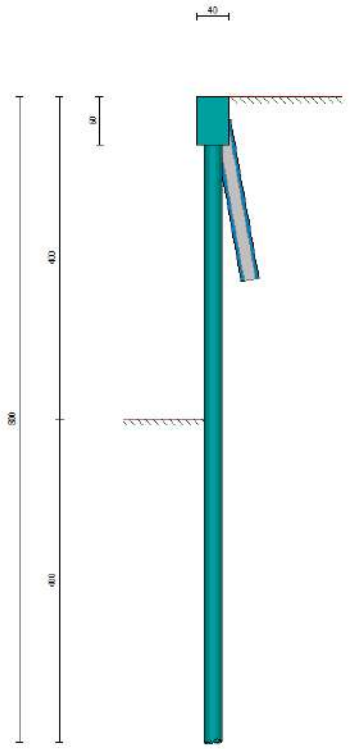
Cordolo N. 1(Quota 0,00)

4.1.5 Paratia di micropali - tratto sez. 5-4

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**		
Altezza fuori terra	4,00	[m]
Profondità di infissione	4,00	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,50	[m]
Diametro dei micropali	22,00	[cm]
Numero totale di micropali	20	
Numero di micropali per metro lineare	2.00	
Diametro esterno del tubolare	139,70	[mm]
Spessore del tubolare	10,00	[mm]



Geometria cordoli

Simbologia adottata
n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		*[cm]*	*[cm]*	*[cmq]*	*[cm^3]*
1	0,00	Calcestruzzo	40,00	60,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
2	10,00	0,00	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
1	-10,00	-4,00	0.00
2	0,00	-4,00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	livello Ia	1660,0	1880,0	28.00	14.00	0,000
2	livello Ib	1950,0	2200,0	35.50	23.67	0,000

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Simbologia adottata

α_{min}, α_{med} coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
fs_{min}, fs_{med} tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cmq]

N°	Descrizione	α_{min}	fs_{min}	α_{med}	fs_{med}
			[kg/cmq]		*[kg/cmq]*
1	livello Ia	1.10	0,500	1.10	0,500
2	livello Ib	1.10	0,750	1.10	0,750

Descrizione stratigrafia

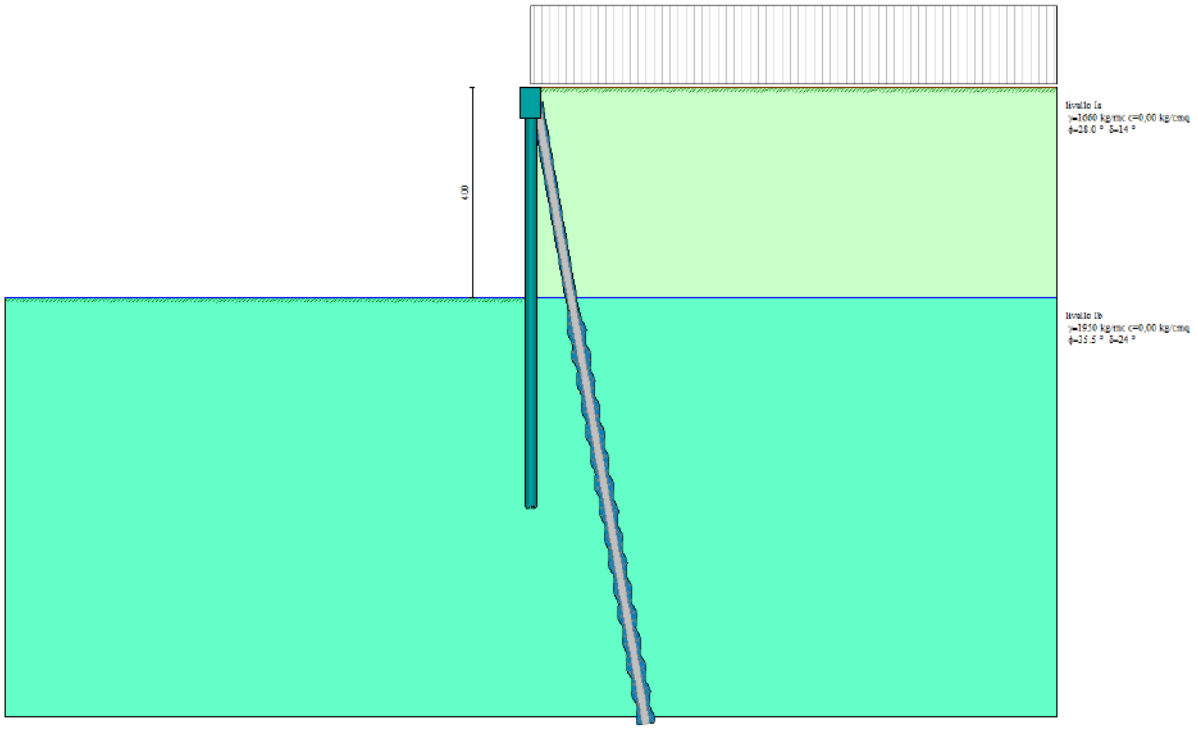
Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	Kw_M	Kw_V	Terreno M	Terreno V
	[m]	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq/cm]*	*[kg/cmq/cm]*		
1	4,00	0.00	0.00	0.53	0.53	livello Ia	livello Ia
2	8,00	0.00	0.00	3.37	3.37	livello Ib	livello Ib

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	4,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	4,00	[m]
Regime delle pressioni neutre:	**Idrostatico**	



Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante passivo (micropali)

Calcolo tiranti:	VERIFICA	
Diametro della perforazione	22,00	[cm]
Coeff. di espansione laterale	1.10	
Malta utilizzata per i tiranti		
Classe di Resistenza	C20/25	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	255	[kg/cmq]
Acciaio utilizzato per i tiranti		
Tipo	S 355	
Tensione di snervamento f_{yk}	3620	[kg/cmq]
Tiranti passivi armati con tubolare		
Diametro esterno del tubolare:	139,70	[mm]
Spessore del tubolare:	10,00	[mm]
Metodo di calcolo dei tiranti:	BUSTAMANTE-DOIX	
Superficie di ancoraggio	Angolo di rottura	
Tensione limite resistenza malta	Media valori τ_{c0} e τ_{c1}	

Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]
T	tiro iniziale espresso in [kg]

n°	Tipo	Y	I	f	Alfa	ALL	nr	Lt	Lf	T
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[°]*			*[m]*	*[m]*	*[kg]*
1	Tirante passivo (micropali)	0,30	1,00	0,20	80.00	Sfalsati	10	12,00	--	--

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls}	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*		
Paratia	2500	C25/30	306	320666	Fe 510	15.00
Cordolo/Muro	2500	C20/25	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Ig	Indice di gruppo
F_x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F_y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V_i, V_s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Variabile - sovracc stradale (Ig=0) [Ψ_0=0.70 - Ψ_1=0.50 - Ψ_2=0.20]

Carico distribuito sul profilo	X_i = 0,00	X_f = 10,00	Q_i = 1000	Q_f = 1000	

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
sovracc stradale	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
sovracc stradale	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
sovracc stradale	SFAV	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
sovracc stradale	SFAV	1.00	0.50

Combinazione n° 5 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
sovracc stradale	SFAV	1.00	0.20

Impostazioni di progetto

			Statici		Sismici	
Carichi	**Effetto**		**A1**	**A2**	**A1**	**A2**
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

		Statici		Sismici	
Parametri		**M1**	**M2**	**M1**	**M2**
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**R3**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate	1	ξ_3=1,80	ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio
Sezione in acciaio

$V_{c,Rd}=A_v*f_{yd}/3.0^{0.5}$
con:
A_v Area lorda sezione profilo

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Risultati

Analisi della spinta

Pressioni terreno

Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo

Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.
Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

σ_{am} sigma attiva da monte

σ_{av} sigma attiva da valle

σ_{pm} sigma passiva da monte

σ_{pv} sigma passiva da valle

δ_a inclinazione spinta attiva espressa in [°]

δ_p inclinazione spinta passiva espressa in [°]

Combinazione n° 1 - SLU - STR

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
1	0,00	485	0	4113	0	14.00	0.00
2	0,10	558	0	4732	0	14.00	0.00
3	0,20	630	0	5350	0	14.00	0.00
4	0,30	701	0	5948	0	14.00	0.00
5	0,40	771	0	6546	0	14.00	0.00
6	0,50	842	0	7143	0	14.00	0.00
7	0,60	912	0	7741	0	14.00	0.00
8	0,70	983	0	8339	0	14.00	0.00
9	0,80	1053	0	8937	0	14.00	0.00
10	0,90	1123	0	9534	0	14.00	0.00
11	1,00	1194	0	10132	0	14.00	0.00
12	1,10	1264	0	10730	0	14.00	0.00
13	1,20	1335	0	11327	0	14.00	0.00
14	1,30	1405	0	11925	0	14.00	0.00
15	1,40	1476	0	12523	0	14.00	0.00
16	1,50	1546	0	13121	0	14.00	0.00
17	1,60	1616	0	13718	0	14.00	0.00
18	1,70	1687	0	14316	0	14.00	0.00
19	1,80	1757	0	14914	0	14.00	0.00
20	1,90	1828	0	15512	0	14.00	0.00
21	2,00	1898	0	16109	0	14.00	0.00
22	2,10	1969	0	16707	0	14.00	0.00
23	2,20	2039	0	17305	0	14.00	0.00
24	2,30	2110	0	17902	0	14.00	0.00
25	2,40	2180	0	18500	0	14.00	0.00
26	2,50	2250	0	19098	0	14.00	0.00
27	2,60	2321	0	19696	0	14.00	0.00
28	2,70	2391	0	20293	0	14.00	0.00
29	2,80	2462	0	20891	0	14.00	0.00
30	2,90	2532	0	21489	0	14.00	0.00
31	3,00	2603	0	22087	0	14.00	0.00
32	3,10	2673	0	22684	0	14.00	0.00
33	3,20	2743	0	23282	0	14.00	0.00
34	3,30	2814	0	23880	0	14.00	0.00
35	3,40	2884	0	24478	0	14.00	0.00
36	3,50	2955	0	25075	0	14.00	0.00
37	3,60	3025	0	25673	0	14.00	0.00
38	3,70	3096	0	26271	0	14.00	0.00
39	3,80	3166	0	26868	0	14.00	0.00
40	3,90	3233	0	27436	0	14.00	0.00
41	3,98	3282	0	27855	0	14.00	0.00
42	4,00	2374	8	33135	123	14.00	0.00
43	4,02	1954	16	38442	245	23.67	0.00
44	4,10	2481	47	38933	736	23.67	0.00
45	4,20	2525	89	39599	1402	23.67	0.00
46	4,30	2571	134	40300	2104	23.67	0.00
47	4,40	2613	178	41001	2805	23.67	0.00
48	4,50	2658	223	41703	3506	23.67	0.00
49	4,60	2703	267	42404	4207	23.67	0.00
50	4,70	2745	312	43105	4908	23.67	0.00
51	4,80	2790	357	43806	5610	23.67	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
52	4,90	2832	401	44507	6311	23.67	0.00
53	5,00	2877	446	45208	7012	23.67	0.00
54	5,10	2924	490	45910	7713	23.67	0.00
55	5,20	2966	535	45856	8414	23.67	0.00
56	5,30	3011	579	44529	9116	23.67	0.00
57	5,40	3056	624	43933	9817	23.67	0.00
58	5,50	3098	669	44588	10518	23.67	0.00
59	5,60	3143	713	45247	11219	23.67	0.00
60	5,70	3190	758	45910	11920	23.67	0.00
61	5,80	3235	802	46575	12622	23.67	0.00
62	5,90	3277	847	47244	13323	23.67	0.00
63	6,00	3322	891	47915	14024	23.67	0.00
64	6,10	3366	936	48588	14725	23.67	0.00
65	6,20	3411	980	49263	15426	23.67	0.00
66	6,30	3456	1025	49940	16128	23.67	0.00
67	6,40	3498	1070	50619	16829	23.67	0.00
68	6,50	3542	1114	51299	17530	23.67	0.00
69	6,60	3590	1159	51981	18231	23.67	0.00
70	6,70	3634	1203	52664	18932	23.67	0.00
71	6,80	3679	1248	53348	19634	23.67	0.00
72	6,90	3721	1292	54033	20335	23.67	0.00
73	7,00	3766	1337	54719	21036	23.67	0.00
74	7,10	3813	1382	55406	21737	23.67	0.00
75	7,20	3855	1426	56094	22438	23.67	0.00
76	7,30	3900	1471	56783	23140	23.67	0.00
77	7,40	3944	1515	57472	23841	23.67	0.00
78	7,50	3989	1560	58162	24542	23.67	0.00
79	7,60	4033	1604	58853	25243	23.67	0.00
80	7,70	4078	1649	59544	25944	23.67	0.00
81	7,80	4123	1694	60236	26646	23.67	0.00
82	7,90	4167	1738	60928	27347	23.67	0.00
83	8,00	4212	1783	61621	28048	23.67	0.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
1	0,00	511	0	2943	0	11.28	0.00
2	0,10	580	0	3337	0	11.28	0.00
3	0,20	648	0	3731	0	11.28	0.00
4	0,30	714	0	4111	0	11.28	0.00
5	0,40	780	0	4490	0	11.28	0.00
6	0,50	846	0	4870	0	11.28	0.00
7	0,60	912	0	5250	0	11.28	0.00
8	0,70	978	0	5629	0	11.28	0.00
9	0,80	1044	0	6009	0	11.28	0.00
10	0,90	1110	0	6388	0	11.28	0.00
11	1,00	1176	0	6768	0	11.28	0.00
12	1,10	1242	0	7147	0	11.28	0.00
13	1,20	1308	0	7527	0	11.28	0.00
14	1,30	1374	0	7906	0	11.28	0.00
15	1,40	1439	0	8286	0	11.28	0.00
16	1,50	1505	0	8665	0	11.28	0.00
17	1,60	1571	0	9045	0	11.28	0.00
18	1,70	1637	0	9424	0	11.28	0.00
19	1,80	1703	0	9804	0	11.28	0.00
20	1,90	1769	0	10184	0	11.28	0.00
21	2,00	1835	0	10563	0	11.28	0.00
22	2,10	1901	0	10943	0	11.28	0.00
23	2,20	1967	0	11322	0	11.28	0.00
24	2,30	2033	0	11702	0	11.28	0.00
25	2,40	2099	0	12081	0	11.28	0.00
26	2,50	2165	0	12461	0	11.28	0.00
27	2,60	2231	0	12840	0	11.28	0.00
28	2,70	2297	0	13220	0	11.28	0.00
29	2,80	2363	0	13599	0	11.28	0.00
30	2,90	2428	0	13979	0	11.28	0.00
31	3,00	2494	0	14358	0	11.28	0.00
32	3,10	2560	0	14738	0	11.28	0.00
33	3,20	2626	0	15118	0	11.28	0.00
34	3,30	2692	0	15497	0	11.28	0.00
35	3,40	2758	0	15877	0	11.28	0.00
36	3,50	2824	0	16256	0	11.28	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
37	3,60	2890	0	16636	0	11.28	0.00
38	3,70	2956	0	17015	0	11.28	0.00
39	3,80	3022	0	17395	0	11.28	0.00
40	3,90	3085	0	17755	0	11.28	0.00
41	3,98	3131	0	18021	0	11.28	0.00
42	4,00	2335	6	20848	62	11.28	0.00
43	4,02	1972	13	23669	124	19.32	0.00
44	4,10	2435	38	23918	374	19.32	0.00
45	4,20	2468	72	24256	712	19.32	0.00
46	4,30	2505	108	24612	1067	19.32	0.00
47	4,40	2539	144	24967	1423	19.32	0.00
48	4,50	2576	181	25323	1779	19.32	0.00
49	4,60	2612	217	25679	2135	19.32	0.00
50	4,70	2646	253	26035	2491	19.32	0.00
51	4,80	2683	289	26391	2847	19.32	0.00
52	4,90	2719	325	26747	3202	19.32	0.00
53	5,00	2756	361	27102	3558	19.32	0.00
54	5,10	2792	397	27458	3914	19.32	0.00
55	5,20	2826	433	27814	4270	19.32	0.00
56	5,30	2862	470	28170	4626	19.32	0.00
57	5,40	2899	506	28526	4982	19.32	0.00
58	5,50	2935	542	28882	5337	19.32	0.00
59	5,60	2971	578	28672	5693	19.32	0.00
60	5,70	3005	614	27649	6049	19.32	0.00
61	5,80	3044	650	27175	6405	19.32	0.00
62	5,90	3080	686	27501	6761	19.32	0.00
63	6,00	3114	722	27829	7117	19.32	0.00
64	6,10	3150	758	28159	7472	19.32	0.00
65	6,20	3186	795	28491	7828	19.32	0.00
66	6,30	3223	831	28824	8184	19.32	0.00
67	6,40	3259	867	29159	8540	19.32	0.00
68	6,50	3293	903	29495	8896	19.32	0.00
69	6,60	3329	939	29832	9252	19.32	0.00
70	6,70	3367	975	30170	9607	19.32	0.00
71	6,80	3404	1011	30510	9963	19.32	0.00
72	6,90	3440	1047	30850	10319	19.32	0.00
73	7,00	3474	1083	31191	10675	19.32	0.00
74	7,10	3510	1120	31533	11031	19.32	0.00
75	7,20	3548	1156	31876	11387	19.32	0.00
76	7,30	3582	1192	32220	11742	19.32	0.00
77	7,40	3618	1228	32564	12098	19.32	0.00
78	7,50	3657	1264	32908	12454	19.32	0.00
79	7,60	3691	1300	33254	12810	19.32	0.00
80	7,70	3727	1336	33599	13166	19.32	0.00
81	7,80	3763	1372	33946	13522	19.32	0.00
82	7,90	3799	1409	34292	13877	19.32	0.00
83	8,00	3835	1445	34640	14233	19.32	0.00

Combinazione n° 3 - SLE - Rara

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
1	0,00	323	0	2742	0	14.00	0.00
2	0,10	379	0	3216	0	14.00	0.00
3	0,20	435	0	3689	0	14.00	0.00
4	0,30	489	0	4149	0	14.00	0.00
5	0,40	543	0	4609	0	14.00	0.00
6	0,50	597	0	5069	0	14.00	0.00
7	0,60	651	0	5529	0	14.00	0.00
8	0,70	706	0	5988	0	14.00	0.00
9	0,80	760	0	6448	0	14.00	0.00
10	0,90	814	0	6908	0	14.00	0.00
11	1,00	868	0	7368	0	14.00	0.00
12	1,10	922	0	7828	0	14.00	0.00
13	1,20	977	0	8287	0	14.00	0.00
14	1,30	1031	0	8747	0	14.00	0.00
15	1,40	1085	0	9207	0	14.00	0.00
16	1,50	1139	0	9667	0	14.00	0.00
17	1,60	1193	0	10126	0	14.00	0.00
18	1,70	1247	0	10586	0	14.00	0.00
19	1,80	1302	0	11046	0	14.00	0.00
20	1,90	1356	0	11506	0	14.00	0.00
21	2,00	1410	0	11966	0	14.00	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
22	2,10	1464	0	12425	0	14.00	0.00
23	2,20	1518	0	12885	0	14.00	0.00
24	2,30	1572	0	13345	0	14.00	0.00
25	2,40	1627	0	13805	0	14.00	0.00
26	2,50	1681	0	14265	0	14.00	0.00
27	2,60	1735	0	14724	0	14.00	0.00
28	2,70	1789	0	15184	0	14.00	0.00
29	2,80	1843	0	15644	0	14.00	0.00
30	2,90	1898	0	16104	0	14.00	0.00
31	3,00	1952	0	16564	0	14.00	0.00
32	3,10	2006	0	17023	0	14.00	0.00
33	3,20	2060	0	17483	0	14.00	0.00
34	3,30	2114	0	17943	0	14.00	0.00
35	3,40	2168	0	18403	0	14.00	0.00
36	3,50	2223	0	18863	0	14.00	0.00
37	3,60	2277	0	19322	0	14.00	0.00
38	3,70	2331	0	19782	0	14.00	0.00
39	3,80	2385	0	20242	0	14.00	0.00
40	3,90	2437	0	20679	0	14.00	0.00
41	3,98	2475	0	21001	0	14.00	0.00
42	4,00	1795	5	24981	79	14.00	0.00
43	4,02	1479	10	28960	158	23.67	0.00
44	4,10	1868	30	29277	475	23.67	0.00
45	4,20	1892	58	29707	905	23.67	0.00
46	4,30	1922	86	30159	1357	23.67	0.00
47	4,40	1951	115	30611	1810	23.67	0.00
48	4,50	1980	144	31064	2262	23.67	0.00
49	4,60	2009	173	31516	2714	23.67	0.00
50	4,70	2036	201	31969	3167	23.67	0.00
51	4,80	2065	230	32421	3619	23.67	0.00
52	4,90	2092	259	32873	4071	23.67	0.00
53	5,00	2121	288	33326	4524	23.67	0.00
54	5,10	2152	316	33778	4976	23.67	0.00
55	5,20	2179	345	34231	5429	23.67	0.00
56	5,30	2208	374	33505	5881	23.67	0.00
57	5,40	2236	403	32565	6333	23.67	0.00
58	5,50	2263	431	32789	6786	23.67	0.00
59	5,60	2292	460	33216	7238	23.67	0.00
60	5,70	2323	489	33644	7691	23.67	0.00
61	5,80	2352	518	34075	8143	23.67	0.00
62	5,90	2379	546	34507	8595	23.67	0.00
63	6,00	2408	575	34941	9048	23.67	0.00
64	6,10	2437	604	35377	9500	23.67	0.00
65	6,20	2465	633	35813	9953	23.67	0.00
66	6,30	2492	661	36251	10405	23.67	0.00
67	6,40	2521	690	36690	10857	23.67	0.00
68	6,50	2552	719	37130	11310	23.67	0.00
69	6,60	2581	748	37570	11762	23.67	0.00
70	6,70	2610	776	38012	12214	23.67	0.00
71	6,80	2636	805	38454	12667	23.67	0.00
72	6,90	2665	834	38897	13119	23.67	0.00
73	7,00	2696	863	39340	13572	23.67	0.00
74	7,10	2723	891	39784	14024	23.67	0.00
75	7,20	2752	920	40229	14476	23.67	0.00
76	7,30	2780	949	40674	14929	23.67	0.00
77	7,40	2809	978	41119	15381	23.67	0.00
78	7,50	2840	1006	41565	15834	23.67	0.00
79	7,60	2867	1035	42011	16286	23.67	0.00
80	7,70	2895	1064	42457	16738	23.67	0.00
81	7,80	2924	1093	42904	17191	23.67	0.00
82	7,90	2953	1121	43351	17643	23.67	0.00
83	8,00	2982	1150	43799	18095	23.67	0.00

Combinazione n° 4 - SLE - Frequente

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
1	0,00	162	0	1371	0	14.00	0.00
2	0,10	217	0	1838	0	14.00	0.00
3	0,20	272	0	2304	0	14.00	0.00
4	0,30	326	0	2764	0	14.00	0.00
5	0,40	380	0	3224	0	14.00	0.00
6	0,50	434	0	3684	0	14.00	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
7	0,60	488	0	4144	0	14.00	0.00
8	0,70	542	0	4603	0	14.00	0.00
9	0,80	597	0	5063	0	14.00	0.00
10	0,90	651	0	5523	0	14.00	0.00
11	1,00	705	0	5983	0	14.00	0.00
12	1,10	759	0	6443	0	14.00	0.00
13	1,20	813	0	6902	0	14.00	0.00
14	1,30	868	0	7362	0	14.00	0.00
15	1,40	922	0	7822	0	14.00	0.00
16	1,50	976	0	8282	0	14.00	0.00
17	1,60	1030	0	8742	0	14.00	0.00
18	1,70	1084	0	9201	0	14.00	0.00
19	1,80	1138	0	9661	0	14.00	0.00
20	1,90	1193	0	10121	0	14.00	0.00
21	2,00	1247	0	10581	0	14.00	0.00
22	2,10	1301	0	11041	0	14.00	0.00
23	2,20	1355	0	11500	0	14.00	0.00
24	2,30	1409	0	11960	0	14.00	0.00
25	2,40	1463	0	12420	0	14.00	0.00
26	2,50	1518	0	12880	0	14.00	0.00
27	2,60	1572	0	13339	0	14.00	0.00
28	2,70	1626	0	13799	0	14.00	0.00
29	2,80	1680	0	14259	0	14.00	0.00
30	2,90	1734	0	14719	0	14.00	0.00
31	3,00	1789	0	15179	0	14.00	0.00
32	3,10	1843	0	15638	0	14.00	0.00
33	3,20	1897	0	16098	0	14.00	0.00
34	3,30	1951	0	16558	0	14.00	0.00
35	3,40	2005	0	17018	0	14.00	0.00
36	3,50	2059	0	17478	0	14.00	0.00
37	3,60	2114	0	17937	0	14.00	0.00
38	3,70	2168	0	18397	0	14.00	0.00
39	3,80	2222	0	18857	0	14.00	0.00
40	3,90	2273	0	19294	0	14.00	0.00
41	3,98	2311	0	19616	0	14.00	0.00
42	4,00	1696	5	23346	79	14.00	0.00
43	4,02	1401	10	27075	158	23.67	0.00
44	4,10	1747	30	27392	475	23.67	0.00
45	4,20	1774	58	27822	905	23.67	0.00
46	4,30	1801	86	28274	1357	23.67	0.00
47	4,40	1830	115	28727	1810	23.67	0.00
48	4,50	1859	144	29179	2262	23.67	0.00
49	4,60	1888	173	29631	2714	23.67	0.00
50	4,70	1917	201	30084	3167	23.67	0.00
51	4,80	1944	230	30536	3619	23.67	0.00
52	4,90	1972	259	30988	4071	23.67	0.00
53	5,00	2001	288	31441	4524	23.67	0.00
54	5,10	2031	316	31893	4976	23.67	0.00
55	5,20	2058	345	32346	5429	23.67	0.00
56	5,30	2087	374	32798	5881	23.67	0.00
57	5,40	2116	403	33250	6333	23.67	0.00
58	5,50	2143	431	33031	6786	23.67	0.00
59	5,60	2174	460	32736	7238	23.67	0.00
60	5,70	2203	489	33108	7691	23.67	0.00
61	5,80	2230	518	33553	8143	23.67	0.00
62	5,90	2259	546	33999	8595	23.67	0.00
63	6,00	2288	575	34446	9048	23.67	0.00
64	6,10	2316	604	34893	9500	23.67	0.00
65	6,20	2345	633	35340	9953	23.67	0.00
66	6,30	2374	661	35788	10405	23.67	0.00
67	6,40	2401	690	36236	10857	23.67	0.00
68	6,50	2430	719	36684	11310	23.67	0.00
69	6,60	2461	748	37133	11762	23.67	0.00
70	6,70	2489	776	37582	12214	23.67	0.00
71	6,80	2516	805	38031	12667	23.67	0.00
72	6,90	2545	834	38480	13119	23.67	0.00
73	7,00	2576	863	38930	13572	23.67	0.00
74	7,10	2603	891	39380	14024	23.67	0.00
75	7,20	2632	920	39830	14476	23.67	0.00
76	7,30	2662	949	40280	14929	23.67	0.00
77	7,40	2689	978	40730	15381	23.67	0.00
78	7,50	2718	1006	41180	15834	23.67	0.00
79	7,60	2747	1035	41631	16286	23.67	0.00
80	7,70	2776	1064	42081	16738	23.67	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
81	7,80	2804	1093	42532	17191	23.67	0.00
82	7,90	2833	1121	42983	17643	23.67	0.00
83	8,00	2862	1150	43434	18095	23.67	0.00

Combinazione n° 5 - SLE - Quasi permanente

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
1	0,00	65	0	548	0	14.00	0.00
2	0,10	119	0	1011	0	14.00	0.00
3	0,20	174	0	1474	0	14.00	0.00
4	0,30	228	0	1933	0	14.00	0.00
5	0,40	282	0	2393	0	14.00	0.00
6	0,50	336	0	2853	0	14.00	0.00
7	0,60	390	0	3313	0	14.00	0.00
8	0,70	445	0	3773	0	14.00	0.00
9	0,80	499	0	4232	0	14.00	0.00
10	0,90	553	0	4692	0	14.00	0.00
11	1,00	607	0	5152	0	14.00	0.00
12	1,10	661	0	5612	0	14.00	0.00
13	1,20	715	0	6071	0	14.00	0.00
14	1,30	770	0	6531	0	14.00	0.00
15	1,40	824	0	6991	0	14.00	0.00
16	1,50	878	0	7451	0	14.00	0.00
17	1,60	932	0	7911	0	14.00	0.00
18	1,70	986	0	8370	0	14.00	0.00
19	1,80	1040	0	8830	0	14.00	0.00
20	1,90	1095	0	9290	0	14.00	0.00
21	2,00	1149	0	9750	0	14.00	0.00
22	2,10	1203	0	10210	0	14.00	0.00
23	2,20	1257	0	10669	0	14.00	0.00
24	2,30	1311	0	11129	0	14.00	0.00
25	2,40	1366	0	11589	0	14.00	0.00
26	2,50	1420	0	12049	0	14.00	0.00
27	2,60	1474	0	12509	0	14.00	0.00
28	2,70	1528	0	12968	0	14.00	0.00
29	2,80	1582	0	13428	0	14.00	0.00
30	2,90	1636	0	13888	0	14.00	0.00
31	3,00	1691	0	14348	0	14.00	0.00
32	3,10	1745	0	14807	0	14.00	0.00
33	3,20	1799	0	15267	0	14.00	0.00
34	3,30	1853	0	15727	0	14.00	0.00
35	3,40	1907	0	16187	0	14.00	0.00
36	3,50	1962	0	16647	0	14.00	0.00
37	3,60	2016	0	17106	0	14.00	0.00
38	3,70	2070	0	17566	0	14.00	0.00
39	3,80	2124	0	18026	0	14.00	0.00
40	3,90	2176	0	18463	0	14.00	0.00
41	3,98	2213	0	18785	0	14.00	0.00
42	4,00	1636	5	22365	79	14.00	0.00
43	4,02	1354	10	25944	158	23.67	0.00
44	4,10	1675	30	26261	475	23.67	0.00
45	4,20	1701	58	26691	905	23.67	0.00
46	4,30	1730	86	27143	1357	23.67	0.00
47	4,40	1758	115	27596	1810	23.67	0.00
48	4,50	1787	144	28048	2262	23.67	0.00
49	4,60	1816	173	28500	2714	23.67	0.00
50	4,70	1843	201	28953	3167	23.67	0.00
51	4,80	1872	230	29405	3619	23.67	0.00
52	4,90	1901	259	29858	4071	23.67	0.00
53	5,00	1930	288	30310	4524	23.67	0.00
54	5,10	1957	316	30762	4976	23.67	0.00
55	5,20	1986	345	31215	5429	23.67	0.00
56	5,30	2015	374	31667	5881	23.67	0.00
57	5,40	2044	403	32119	6333	23.67	0.00
58	5,50	2073	431	32572	6786	23.67	0.00
59	5,60	2100	460	32821	7238	23.67	0.00
60	5,70	2131	489	32960	7691	23.67	0.00
61	5,80	2160	518	33303	8143	23.67	0.00
62	5,90	2187	546	33754	8595	23.67	0.00
63	6,00	2216	575	34205	9048	23.67	0.00
64	6,10	2244	604	34656	9500	23.67	0.00
65	6,20	2273	633	35108	9953	23.67	0.00

n°	Y	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
	[m]	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[kg/mq]*	*[°]*	*[°]*
66	6,30	2300	661	35559	10405	23.67	0.00
67	6,40	2329	690	36011	10857	23.67	0.00
68	6,50	2360	719	36462	11310	23.67	0.00
69	6,60	2389	748	36914	11762	23.67	0.00
70	6,70	2417	776	37366	12214	23.67	0.00
71	6,80	2444	805	37818	12667	23.67	0.00
72	6,90	2473	834	38269	13119	23.67	0.00
73	7,00	2504	863	38721	13572	23.67	0.00
74	7,10	2531	891	39173	14024	23.67	0.00
75	7,20	2560	920	39625	14476	23.67	0.00
76	7,30	2588	949	40077	14929	23.67	0.00
77	7,40	2617	978	40529	15381	23.67	0.00
78	7,50	2646	1006	40981	15834	23.67	0.00
79	7,60	2675	1035	41433	16286	23.67	0.00
80	7,70	2704	1064	41885	16738	23.67	0.00
81	7,80	2732	1093	42337	17191	23.67	0.00
82	7,90	2761	1121	42789	17643	23.67	0.00
83	8,00	2790	1150	43242	18095	23.67	0.00

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	7700	2,57	--	--	0	0,00	-6452	5,33	2111	7,40
2	SLU - GEO	7961	2,65	--	--	0	0,00	-6933	6,10	2908	7,70
3	SLE - Rara	5772	2,60	--	--	0	0,00	-4898	5,45	1673	7,46
4	SLE - Frequente	5103	2,66	--	--	0	0,00	-4407	5,38	1452	7,43
5	SLE - Quasi permanente	4701	2,71	--	--	0	0,00	-4114	5,34	1324	7,41

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	0	0,00	3359	0,30	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	3936	0,30	0	0,00	0	0,00
3	SLE - Rara	0	0,00	2546	0,30	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Frequente	0	0,00	2148	0,30	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Quasi permanente	0	0,00	1912	0,30	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pp Portanza di punta, espressa in [kg]

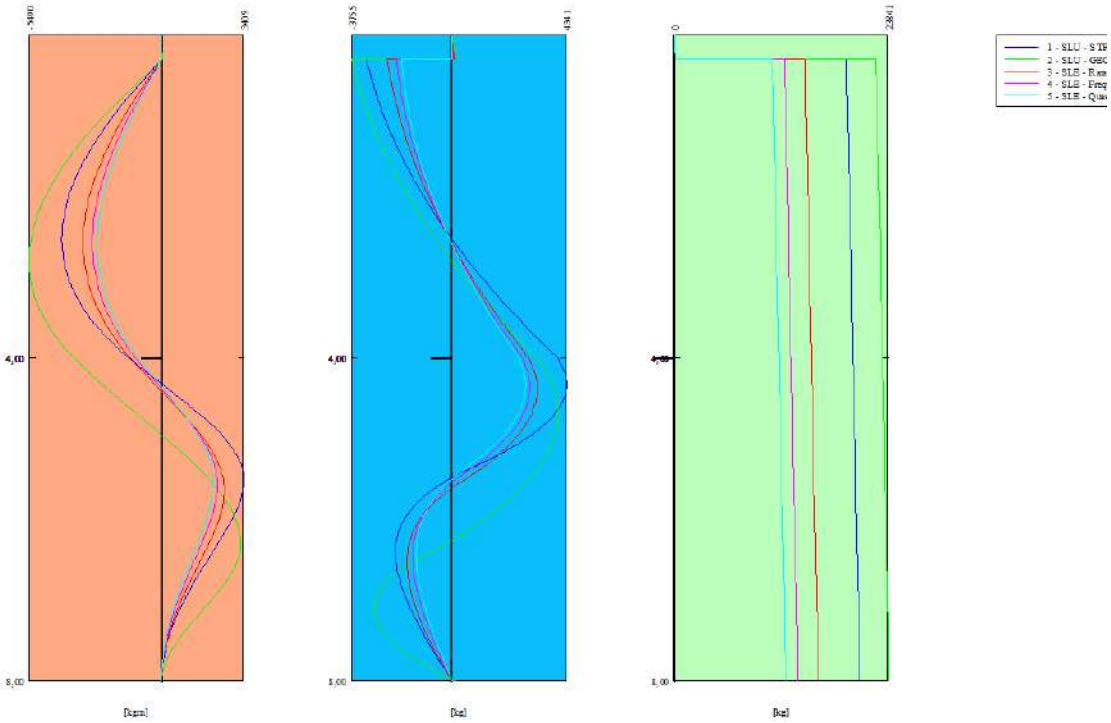
n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pp
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[%]*	*[%]*	*[m]*
1	SLU - STR	4,34	5,35	6,43	34,57	8,49	8479
2	SLU - GEO	4,70	6,50	7,12	62,96	26,33	4110
3	SLE - Rara	4,39	5,55	6,55	39,51	9,84	8479
4	SLE - Frequente	4,37	5,45	6,49	35,80	8,47	8479
5	SLE - Quasi permanente	4,35	5,35	6,45	34,57	7,73	8479

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kgm]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	
1	SLU - STR	3409	5,50	4341	4,30	20573	8,00	MAX
		-4127	2,50	-3187	0,30	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	3271	6,30	4025	4,70	23841	8,00	MAX
		-5490	2,80	-3755	0,30	0	0,00	MIN
3	SLE - Rara	2598	5,65	3226	4,35	15961	8,00	MAX
		-3247	2,55	-2428	0,30	0	0,00	MIN
4	SLE - Frequente	2306	5,55	2955	4,35	13700	8,00	MAX
		-2865	2,55	-2077	0,30	0	0,00	MIN
5	SLE - Quasi permanente	2128	5,50	2789	4,35	12363	8,00	MAX
		-2643	2,60	-1869	0,30	0	0,00	MIN

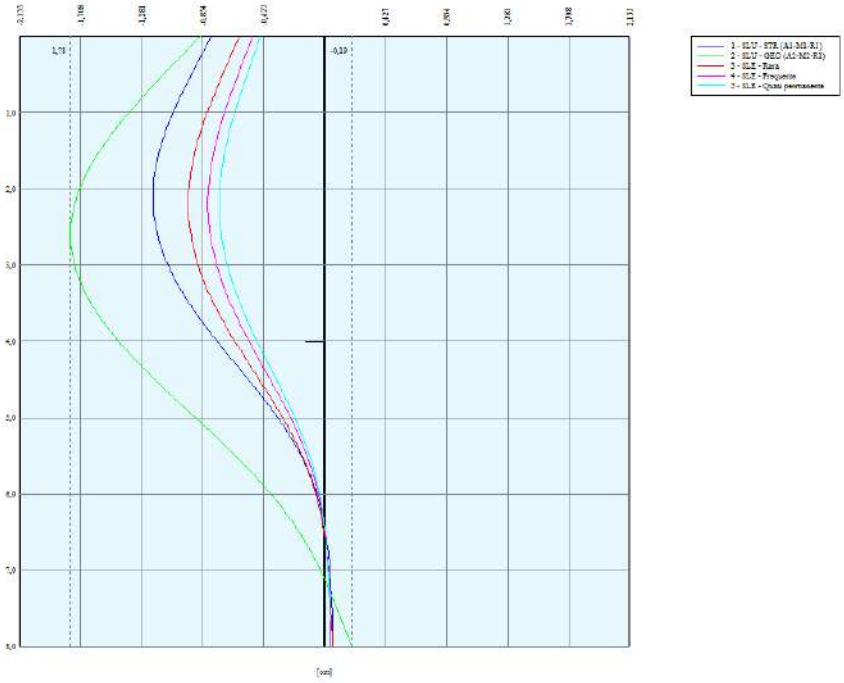


Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	*[m]*	*[cm]*	*[m]*	
1	SLU - STR	1,2023	2,10	0,0627	0,00	MAX
		-0,0612	8,00	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	1,7790	2,60	0,0730	0,00	MAX
		-0,1897	8,00	0,0000	0,00	MIN
3	SLE - Rara	0,9532	2,20	0,0481	0,00	MAX
		-0,0568	8,00	0,0000	0,00	MIN
4	SLE - Frequente	0,8155	2,20	0,0410	0,00	MAX
		-0,0453	8,00	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Quasi permanente	0,7360	2,20	0,0367	0,00	MAX
		-0,0393	8,00	0,0000	0,00	MIN



Verifica a spostamento

Simbologia adottata
n° Indice combinazione/Fase
Tipo Tipo combinazione/Fase
Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
1	SLU - STR	4,0000	1,2023
2	SLU - GEO	4,0000	1,7790
3	SLE - Rara	4,0000	0,9532
4	SLE - Frequente	4,0000	0,8155
5	SLE - Quasi permanente	4,0000	0,7360

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T Reazione tiranti espresso in [kg]
P Reazione puntoni espresso in [kg]
V Reazione vincoli espresso in [kg]
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della partia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kgm]*		
2	SLU - GEO	20107 4,82	29904 6,73	0 0,00	3936 0,30	0 0,00	0 0,00	0 0,00	61312	68208	1.112	1.754

Stabilità globale

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C, Y_C	R	X_V, Y_V	X_M, Y_M	FS
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*	
2	SLU - GEO	-2,40; 0,00	8,35	-9,74; -3,98	5,95; 0,00	1.714

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N° numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espressa in [m]
L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

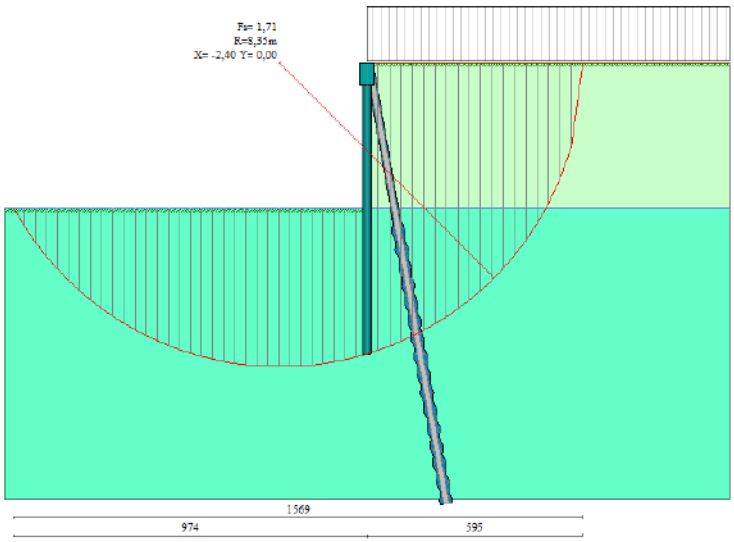
Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
1	160,47	-59.47	0,60	29.71	0,000	0,024	(0; 0)
2	482,09	-55.57	0,54	29.71	0,000	0,072	(0; 0)
3	761,46	-52.03	0,49	29.71	0,000	0,114	(0; 0)
4	1008,31	-48.75	0,46	29.71	0,000	0,151	(0; 0)
5	1228,91	-45.67	0,44	29.71	0,000	0,183	(0; 0)
6	1427,52	-42.75	0,41	29.71	0,000	0,213	(0; 0)
7	1607,21	-39.97	0,40	29.71	0,000	0,240	(0; 0)
8	1770,30	-37.29	0,38	29.71	0,000	0,264	(0; 0)
9	1918,56	-34.71	0,37	29.71	0,000	0,286	(0; 0)
10	2053,38	-32.20	0,36	29.71	0,000	0,307	(0; 0)
11	2175,90	-29.77	0,35	29.71	0,000	0,325	(0; 0)
12	2287,03	-27.39	0,34	29.71	0,000	0,341	(0; 0)
13	2387,52	-25.06	0,34	29.71	0,000	0,356	(0; 0)
14	2477,98	-22.77	0,33	29.71	0,000	0,370	(0; 0)
15	2558,95	-20.52	0,33	29.71	0,000	0,382	(0; 0)
16	2630,86	-18.31	0,32	29.71	0,000	0,393	(0; 0)
17	2694,07	-16.12	0,32	29.71	0,000	0,402	(0; 0)
18	2748,88	-13.96	0,31	29.71	0,000	0,410	(0; 0)
19	2795,55	-11.82	0,31	29.71	0,000	0,417	(0; 0)
20	2834,29	-9.69	0,31	29.71	0,000	0,423	(0; 0)
21	2865,26	-7.58	0,31	29.71	0,000	0,428	(0; 0)
22	2888,60	-5.47	0,31	29.71	0,000	0,431	(0; 0)
23	2904,39	-3.38	0,30	29.71	0,000	0,434	(0; 0)
24	2912,70	-1.29	0,30	29.71	0,000	0,435	(0; 0)
25	2913,57	0.80	0,30	29.71	0,000	0,435	(0; 0)
26	2907,00	2.89	0,30	29.71	0,000	0,434	(0; 0)
27	2892,96	4.98	0,31	29.71	0,000	0,432	(0; 0)
28	2871,39	7.08	0,31	29.71	0,000	0,429	(0; 0)
29	2842,22	9.20	0,31	29.71	0,000	0,424	(0; 0)
30	2805,31	11.32	0,31	29.71	0,000	0,419	(0; 0)
31	2760,50	13.46	0,31	29.71	0,000	0,412	(0; 0)
32	2707,61	15.61	0,32	29.71	0,000	0,404	(0; 0)
33	5209,52	17.83	0,33	29.71	0,000	0,395	(0; 0)
34	5135,29	20.10	0,33	29.71	0,000	0,384	(0; 0)
35	5051,27	22.41	0,34	29.71	0,000	0,372	(0; 0)
36	4956,98	24.75	0,34	29.71	0,000	0,358	(0; 0)
37	4851,86	27.14	0,35	29.71	0,000	0,343	(12688; 0)
38	4735,21	29.59	0,36	29.71	0,000	0,326	(0; 0)
39	4606,21	32.09	0,37	29.71	0,000	0,307	(0; 0)
40	4463,85	34.67	0,38	29.71	0,000	0,287	(0; 0)
41	4306,88	37.32	0,39	29.71	0,000	0,264	(0; 0)

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
42	4133,72	40.08	0,41	29.71	0,000	0,239	(0; 0)
43	3942,36	42.95	0,43	29.71	0,000	0,211	(0; 0)
44	3730,19	45.97	0,45	29.71	0,000	0,180	(0; 0)
45	3493,64	49.16	0,48	29.71	0,000	0,146	(0; 0)
46	3227,72	52.57	0,52	29.71	0,000	0,107	(0; 0)
47	2924,97	56.27	0,56	29.71	0,000	0,063	(0; 0)
48	2576,85	60.38	0,63	26.38	0,000	0,012	(0; 0)
49	2233,39	65.11	0,74	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
50	1821,75	70.96	0,96	23.04	0,000	0,000	(0; 0)
51	996,47	82.13	2,29	23.04	0,000	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
ΣW_i = 144678,89 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$ = 28112,02 [kg]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$ = 69943,52 [kg]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$ = 0,00 [kg]



Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A_f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
Lf	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ_f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N	Af	Lf	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kg]	*[cmq]*	*[m]*	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*		
1	19346	40,75	8,00	12,00	474,79	0,87621	21382	365553	681102	1.105	1

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M_u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

n° - Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS

	[m]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
2 - SLU - GEO	2,80	-2745	11427	-5913	24615	2.154

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kg]
FS coefficiente di sicurezza a taglio (V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio del micropalo è stata eseguita considerando una sezione anulare di area A = 40,75 cmq

n° - Tipo	Y	V_{Ed}	V_{Rd}	FS
	[m]	[kg]	[kg]	
2 - SLU - GEO	4,30	2170	51348	23.658

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]
τ_f tensione tangenziale in [kg/cmq]
σ_{id} tensione ideale espressa in [kg/cmq]

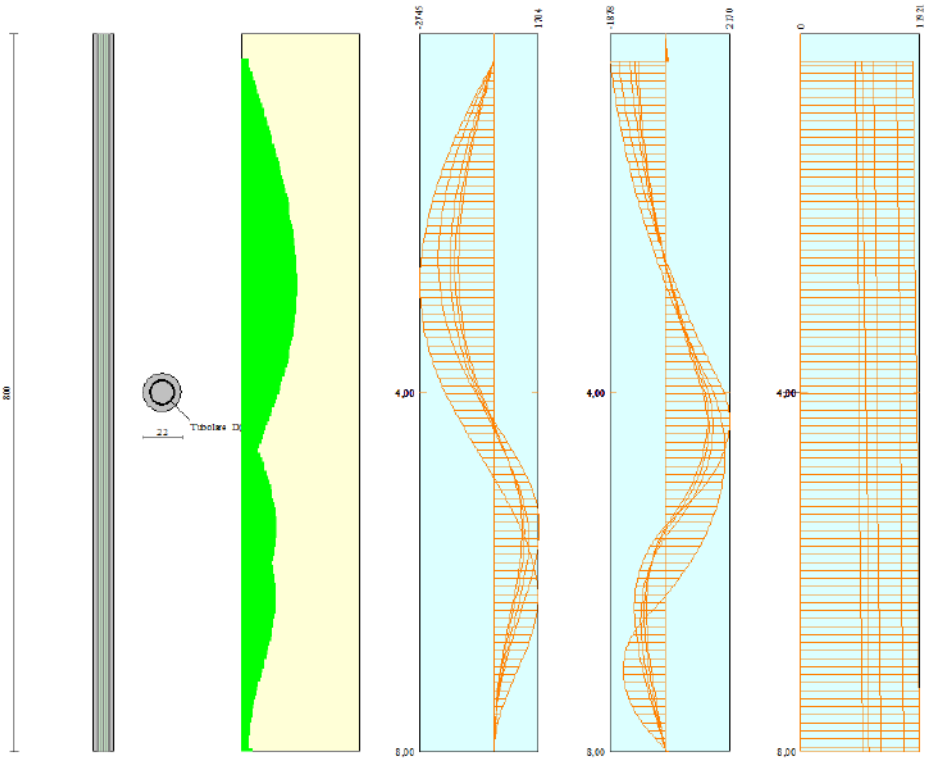
Area della sezione del tubolare 40,75 [cmq]

σ_f	τ_f	σ_{id}	cmb
[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	
1498,93	0,73	1498,93	3

Verifica sezione cordoli

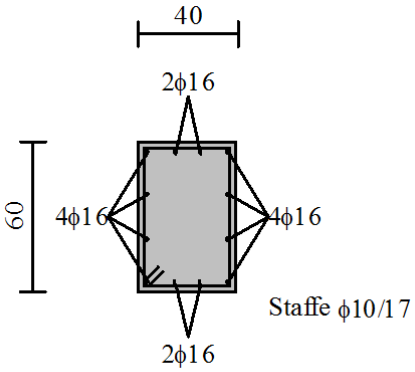
Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kg] nel piano verticale



Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=40,00 [cm]	H=60,00 [cm]		
A_{fv}=8,04 [cmq]	A_{fh}=4,02 [cmq]	Staffe ϕ10/17	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=492 [kgm]	M_{uh}=11204 [kgm]	FS=22.77	
T_h=1968 [kg]	T_{Rh}=24555 [kg]	FS_T=12.48	
M_v=2790 [kgm]	M_{uv}=17452 [kgm]	FS=6.25	
T_v=11160 [kg]	T_R=37827 [kg]	FS_{Tv}=3.39	



Cordolo N. 1(Quota 0,00)

4.2 Canale in c.a. a cielo aperto – murature arginali

4.2.1 Metodo di analisi

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valodi di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.
I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ. In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.
La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.
Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.
Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta *S'* considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \text{arctg}(k_h/(1\pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h.
In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \text{arctg}[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1\pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \text{arctg}[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1\pm k_v))]$$

Detta *S* la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente *A* vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta+\theta)}{\cos^2\beta\cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente *A* si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ.
Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente *A* viene posto pari a 1.
Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.
Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \qquad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove *W* è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.
Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r.
Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si puo impostare $\eta_r >= 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente diseguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} >= \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta *S*, dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.
Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento sisulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s
Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare η_s>=1.0

$$\frac{F_r}{F_s} >= \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.
La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta *N* la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \text{ tg } \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 percento.
Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f, diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q. Cioè, detto Q_u, il carico limite ed *R* la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} >= \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare η_q>=1.0
Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c\, N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

c	coesione del terreno in fondazione;
ϕ	angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$A = e^{\pi \text{ tg } \phi}$

$N_q = A \text{ tg}^2(45° + \phi/2)$

$N_c = (N_q - 1) \text{ ctg } \phi$

$N_\gamma = (N_q - 1) \text{ tg } (1.4\phi)$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$K_p = \text{tg}^2(45° + \phi/2)$

I fattori *d* e *i* che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \qquad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \qquad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta°/90)^2$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta°}{\phi°})^2 \qquad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \qquad \text{per } \phi = 0$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare η_g>=1.0
Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) tg\phi_i}{m} \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove il termine *m* è espresso da

$$m = (1 + \frac{tg\phi_i tg\alpha_i}{\eta}) \cos\alpha_i$$

In questa espressione *n* è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.
L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine *m* che è funzione di η. Quindi essa viene risolta per successive approsimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di *m* ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

4.2.2 Dimensionamento muro sostegno arginale - tratto sez. 19-16

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,30	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,00	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	*Coefficienti parziali*		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

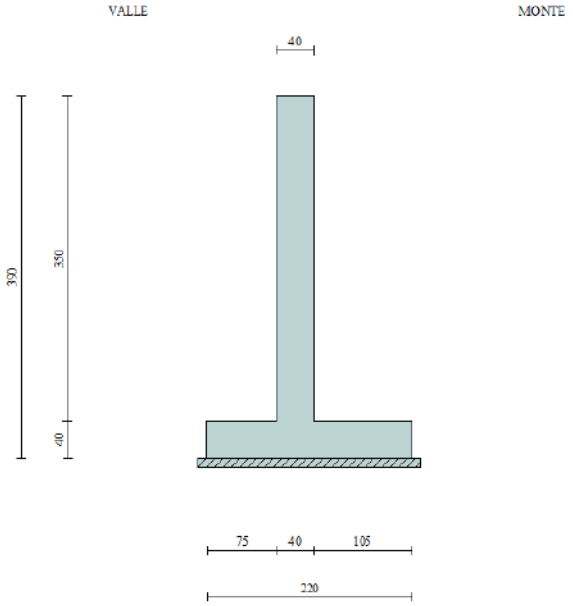
Geometria muro e fondazione

Descrizione	**Muro a mensola in c.a.**
Altezza del paramento	3,50 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,40 [m]

Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,75 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1,05 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,40 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	305,9 [kg/cmq]
Modulo elastico E	320665,55 [kg/cmq]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	4588,0 [kg/cmq]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10,00	0,00	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,50	[m]

Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	0,90	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno
Descrizione Descrizione terreno
γ Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c Coesione espressa in [kg/cmq]
c_a Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

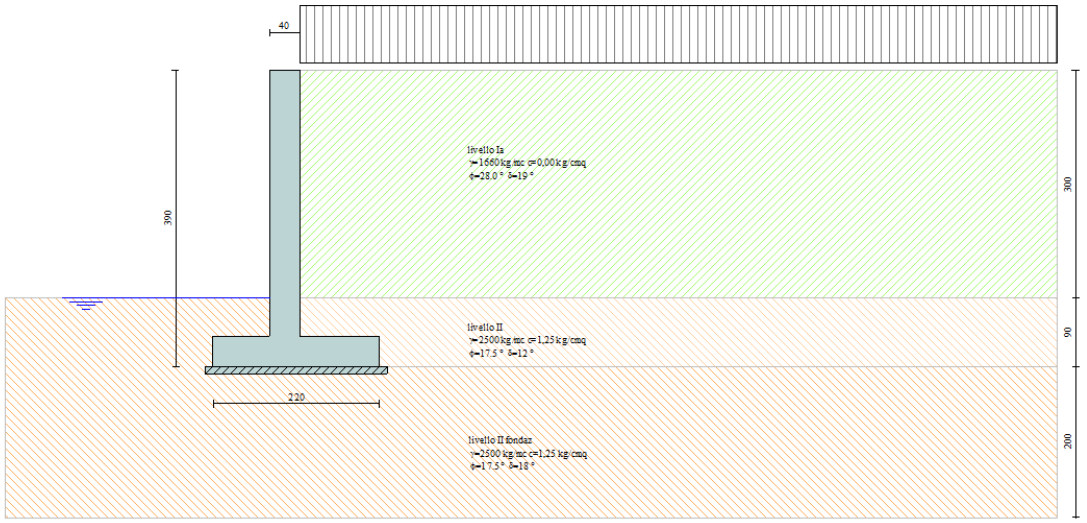
Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
livello Ia	1660	1880	28.00	18.67	0,000	0,000
livello II	2500	2500	17.50	11.67	1,250	0,000
livello II fondaz	2500	2500	17.50	17.50	1,250	0,000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N Indice dello strato
H Spessore dello strato espresso in [m]
a Inclinazione espressa in [°]
Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
Ks Coefficiente di spinta
Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	3,00	0,00	0,00	0,00	livello Ia
2	0,90	0,00	8,77	0,00	livello II
3	2,00	0,00	8,77	0,00	livello II fondaz



Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.
X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M Momento espresso in [kgm]
X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kg/m]
Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kg/m]
D / C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (sovraccarico stradale)

D Profilo **X_i**=0,00 **X_f**=10,00 **Q_i**=1000,00 **Q_f**=1000,00

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 9 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 11 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ

Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 14 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 15 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 16 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 17 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 18 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 19 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 20 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 21 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 22 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00

Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 23 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 24 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 25 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 26 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 27 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 28 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 29 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 30 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 31 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 32 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 33 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni **Stato limite**

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	
Verifica fessurazione	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.30$ $w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Circ. Min. 252 (15/10/1996)
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80\ f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su Nγ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00
Coefficiente correttivo su Nγ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

Influenza della falda a valle sia come peso sia come spinta da valle
Terreno a monte a elevata permeabilità

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS_{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	cs_{sco}	cs_{rib}	cs_{qlim}	cs_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1,75	--	23,18	--
2	A1-M1 - [1]	--	2,21	--	20,53	--
3	A1-M1 - [1]	--	1,99	--	22,14	--
4	A1-M1 - [1]	--	1,96	--	21,07	--
5	EQU - [1]	--	--	2,93	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	8,65
7	A1-M1 - [2]	--	1,46	--	16,24	--
8	A1-M1 - [2]	--	1,44	--	15,06	--
9	A1-M1 - [2]	--	1,30	--	15,97	--
10	A1-M1 - [2]	--	1,60	--	15,21	--
11	EQU - [2]	--	--	2,32	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	6,63
13	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,77	--	22,22	--
14	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,77	--	23,06	--
15	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,77	--	--
16	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,60	--	--
17	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	9,70

18	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	10,00
19	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,62	--	20,31	--
20	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,62	--	21,07	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,59	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,44	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	9,08
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	9,36
25	SLEQ - [1]	--	2,15	--	24,70	--
26	SLEF - [1]	--	2,02	--	23,41	--
27	SLER - [1]	--	1,77	--	20,61	--
28	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,96	--	23,31	--
29	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,96	--	23,61	--
30	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,85	--	22,07	--
31	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,85	--	22,35	--
32	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,63	--	19,37	--
33	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,63	--	19,61	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al muro (spigolo di monte)
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	44.327579
Longitudine	9.351592
Comune	Cogorno
Provincia	Genova
Regione	Liguria
Punti di interpolazione del reticolo	17368 - 17146 - 17145 - 17367

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.03 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 4.02$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.01$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.41 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.19$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.60$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)	50,0	
Lunghezza del muro	10,00	[m]
Peso muro	5700,00	[kg]
Baricentro del muro	X=-0,14 Y=-2,50	

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1,05 Y = -3,90	
Punto superiore superficie di spinta	X = 1,05 Y = 0,00	
Altezza della superficie di spinta	3,90	[m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00	[°]

COMBINAZIONE n° 8
Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	4556,11	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4316,44	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1458,24	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,05	[m]	Y = -1,84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,25	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,05	[m]	Y = -3,90	[m]
Sottospinta falda	1287,00	[kg]		
Spinta falda da valle	405,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8116,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,53	[m]	Y = -1,85	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3911,44	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	16072,74	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-564,98	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	16072,74	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3911,44	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]
Risultante in fondazione	16541,83	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,68	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2974,36	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	242134,89	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,0993	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3619	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	N_c = 12.71	N_q = 5.01	N_γ = 1.83
Fattori forma	s_c = 1,00	s_q = 1,00	s_γ = 1,00
Fattori inclinazione	i_c = 0,72	i_q = 0,72	i_γ = 0,05
Fattori profondità	d_c = 1,11	d_q = 1,06	d_γ = 1,06

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'_c = 10.16	N'_q = 3.80	N'_γ = 0.09

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.44
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	15.06

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione

VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	1,05	100, 40	10,05	10,05	114931	-31826	84,20	15409	--	--
2	2,27	100, 40	10,05	10,05	21019	-17551	7,11	15630	--	--
3	3,50	100, 40	10,05	10,05	9977	-15739	2,19	15851	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u momento ultimo espresso in [kgm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,37	100, 40	10,05	10,05	0	14102	22,86	15220	--	--
3	0,75	100, 40	10,05	10,05	0	14102	6,00	15220	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,53	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	15,29	15220	--	--
3	1,05	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	4,19	15220	--	--

COMBINAZIONE n° 9
Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	4556,11	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4316,44	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1458,24	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,05	[m]	Y = -1,84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,25	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,05	[m]	Y = -3,90	[m]
Sottospinta falda	1287,00	[kg]		
Spinta falda da valle	405,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8116,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,53	[m]	Y = -1,85	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3911,44	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14362,74	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-564,98	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14362,74	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3911,44	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,20	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]
Risultante in fondazione	14885,82	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,23	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2816,86	[kgm]

Carico ultimo della fondazione	229382,03	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,0020	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3037	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	N_c = 12.71	N_q = 5.01	N_γ = 1.83
Fattori forma	s_c = 1,00	s_q = 1,00	s_γ = 1,00
Fattori inclinazione	i_c = 0,69	i_q = 0,69	i_γ = 0,02
Fattori profondità	d_c = 1,11	d_q = 1,06	d_γ = 1,06

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'_c = 9.75	N'_q = 3.65	N'_γ = 0.03

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.30
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	15.97

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 9

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,37	100, 40	10,05	10,05	0	14102	24,69	15220	--	--
3	0,75	100, 40	10,05	10,05	0	14102	6,49	15220	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,53	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	14,60	15220	--	--
3	1,05	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	3,97	15220	--	--

COMBINAZIONE n° 11

Valore della spinta statica	4556,11	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4316,44	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1458,24	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,05	[m]	Y = -1,84	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,25	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,05	[m]	Y = -3,90	[m]
Sottospinta falda	1287,00	[kg]		
Spinta falda da valle	405,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8116,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,53	[m]	Y = -1,85	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3911,44	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14362,74	[kg]

Resistenza passiva a valle del muro	-564,98	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	9828,23	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	22810,39	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14362,74	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3911,44	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,20	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]
Risultante in fondazione	14885,82	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,23	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2816,86	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.32

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

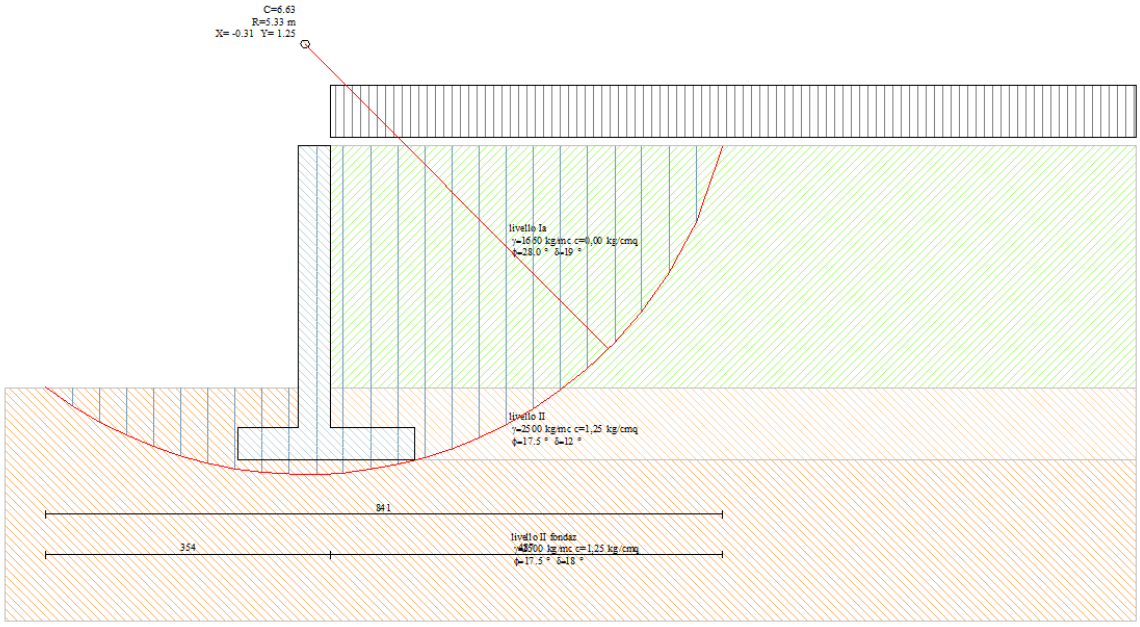
Metodo di Bishop
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce 25

Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -0,31 Y[m]= 1,25
Raggio del cerchio R[m]= 5,33
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,54
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,87
Larghezza della striscia dx[m]= 0,34
Coefficiente di sicurezza C= 6.63
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	ϕ	c	u
1	703,59	70.56	663,50	1,01	23.04	0,00	0,00
2	1144,68	61.75	1008,36	0,71	23.04	0,00	0,00
3	1452,64	54.79	1186,81	0,58	23.04	0,00	0,00
4	1693,40	48.89	1275,93	0,51	23.04	0,00	0,00
5	1890,64	43.64	1304,69	0,46	23.04	0,00	0,00
6	2056,35	38.81	1288,85	0,43	21.95	0,12	0,00
7	2237,24	34.30	1260,65	0,41	14.16	1,00	0,01
8	2415,47	30.02	1208,30	0,39	14.16	1,00	0,04
9	2565,94	25.91	1121,30	0,37	14.16	1,00	0,05
10	2691,70	21.95	1006,06	0,36	14.16	1,00	0,07
11	2794,93	18.09	867,95	0,35	14.16	1,00	0,08
12	2932,41	14.32	725,28	0,35	14.16	1,00	0,09
13	3025,02	10.61	556,96	0,34	14.16	1,00	0,10
14	3067,66	6.94	370,91	0,34	14.16	1,00	0,10
15	3545,76	3.31	204,60	0,34	14.16	1,00	0,11
16	2845,65	-0.32	-15,66	0,34	14.16	1,00	0,11
17	1195,91	-3.94	-82,17	0,34	14.16	1,00	0,11
18	1167,34	-7.58	-153,99	0,34	14.16	1,00	0,10
19	1120,36	-11.25	-218,61	0,34	14.16	1,00	0,10
20	816,53	-14.97	-210,94	0,35	14.16	1,00	0,09
21	665,71	-18.76	-214,06	0,36	14.16	1,00	0,08
22	558,69	-22.63	-214,97	0,36	14.16	1,00	0,07
23	428,81	-26.62	-192,11	0,38	14.16	1,00	0,05
24	273,75	-30.75	-139,95	0,39	14.16	1,00	0,03
25	90,35	-35.06	-51,91	0,41	14.16	1,00	0,01

ΣW_i= 43380,55 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 12555,78 [kg]
$\Sigma W_i \tan\phi_i$= 12444,38 [kg]
$\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i$= 3.78



Inviluppo Sollecitazioni paramento

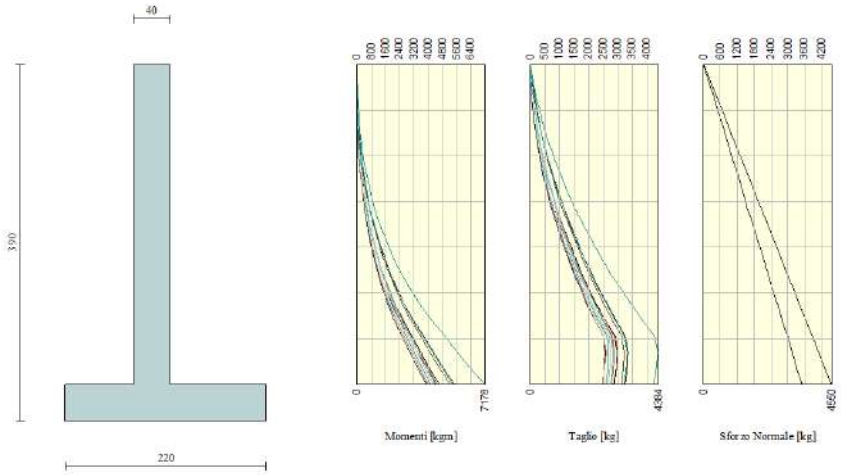
L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kgm]
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kg]
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kg]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	1,05	1050,00	1365,00	125,82	377,99	338,39	841,06
2	2,27	2275,00	2957,50	1158,42	2469,62	1481,87	2738,14
3	3,50	3500,00	4550,00	3873,91	7178,17	2481,61	4236,27

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	1,05	1050,00	1050,00	147,74	279,50	374,33	628,27
2	2,27	2275,00	2275,00	1227,70	1862,74	1515,24	2086,77
3	3,50	3500,00	3500,00	3959,29	5470,71	2470,83	3255,50



Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kgm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kg]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,37	337,23	616,92	1803,34	3211,69
3	0,75	1356,08	2349,85	3635,29	5952,00

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,37	333,82	467,36	1770,04	2448,21
3	0,75	1319,79	1802,88	3478,15	4630,20

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

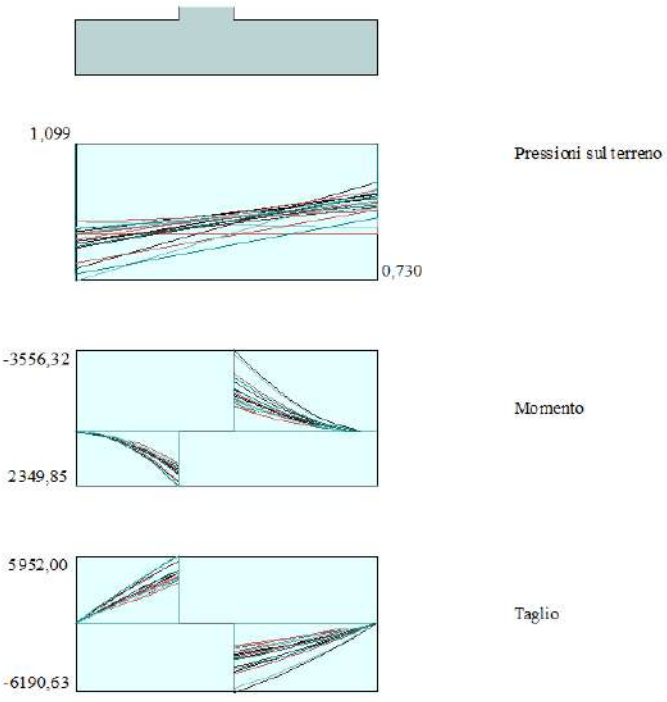
L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kgm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kg]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,53	-965,64	-289,86	-3532,80	-1105,41
3	1,05	-3556,32	-1161,93	-6190,63	-2217,96

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,53	-515,39	-292,05	-1877,32	-1092,34
3	1,05	-1880,82	-1125,72	-3238,29	-2063,29



Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u momento ultimo espresso in [kgm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	1,05	100, 40	10,05	10,05	71991	-25916	68,56	15366	--	--
2	2,27	100, 40	10,05	10,05	15304	-16614	6,73	15535	--	--
3	3,50	100, 40	10,05	10,05	7474	-15329	2,14	15705	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	1,05	100, 40	10,05	10,05	1,64	0,20	36,55	-19,64
2	2,27	100, 40	10,05	10,05	10,94	0,66	437,67	-115,26
3	3,50	100, 40	10,05	10,05	31,71	1,04	1429,84	-321,18

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fi} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ_{fs} tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u momento ultimo espresso in [kgm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,37	100, 40	10,05	10,05	0	14102	22,86	15220	--	--
3	0,75	100, 40	10,05	10,05	0	14102	6,00	15220	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
4	0,00	100, 40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,37	100, 40	10,05	10,05	2,65	0,78	136,05	-25,54
6	0,75	100, 40	10,05	10,05	10,24	1,47	524,84	-98,53

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,53	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	14,60	15220	--	--
3	1,05	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	3,97	15220	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
4	0,00	100, 40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,53	100, 40	10,05	10,05	2,93	-0,60	-28,17	150,04
6	1,05	100, 40	10,05	10,05	10,68	-1,03	-102,79	547,53

4.2.3 Dimensionamento muro sostegno arginale – tratto sez. 15-10 e tratto 7-5

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,30	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,00	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

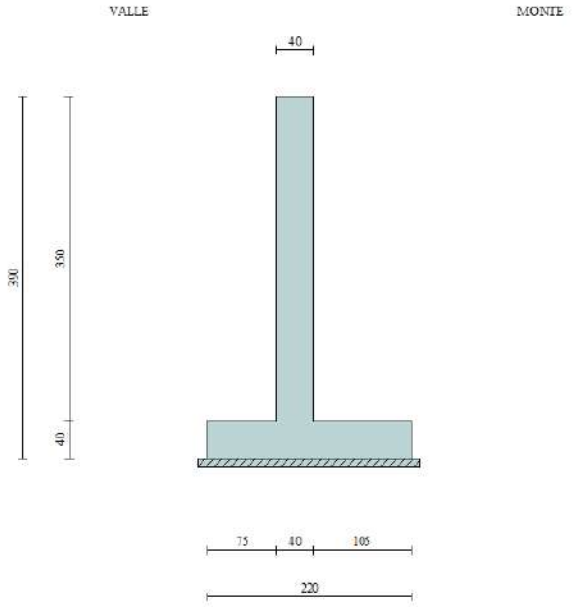
Verifica	*Coefficienti parziali*		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione	**Muro a mensola in c.a.**
Altezza del paramento	3,50 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,40 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,75 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1,05 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,40 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo	
Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	305,9 [kg/cmq]
Modulo elastico E	320665,55 [kg/cmq]
Acciaio	
Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	4588,0 [kg/cmq]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	**X**	**Y**	**A**
1	10,00	0,00	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0,00 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,50 [m]

Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione 0,90 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno
Descrizione Descrizione terreno
γ Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c Coesione espressa in [kg/cmq]
c_a Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

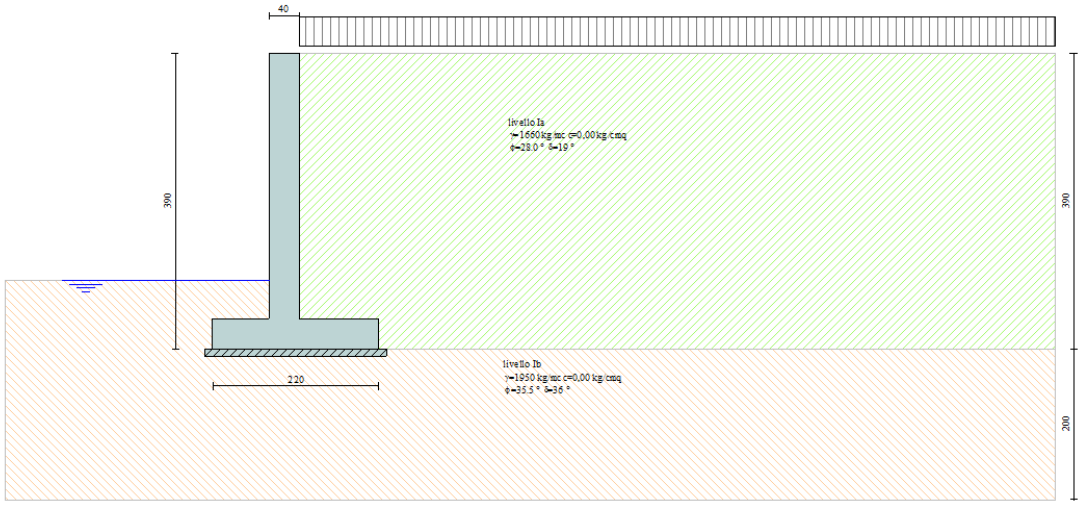
Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
livello Ia	1660	1880	28.00	18.67	0,000	0,000
livello Ib	1950	2200	35.50	35.50	0,000	0,000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N Indice dello strato
H Spessore dello strato espresso in [m]
a Inclinazione espressa in [°]
Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
Ks Coefficiente di spinta
Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	3,90	0,00	0,00	0,00	livello Ia
2	2,00	0,00	6,06	0,00	livello Ib



Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.
Momento positivo senso antiorario.
X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M Momento espresso in [kgm]
X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kg/m]

Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kg/m]
D / C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (sovraccarico stradale)
D Profilo **X_i**=0,00 **X_f**=10,00 **Q_i**=500,00 **Q_f**=500,00

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata
F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 9 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ

Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 11 - Caso EQU (SLU)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30
sovraccarico stradale	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 14 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 15 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 16 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 17 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 18 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 19 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 20 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 21 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00

Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 22 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 23 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 24 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 25 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 26 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 27 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 28 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 29 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.30	0.30

Combinazione n° 30 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 31 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 32 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 33 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00
sovraccarico stradale	SFAV	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni **Stato limite**

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	
Verifica fessurazione	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.30$ $w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Circ. Min. 252 (15/10/1996)
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80\ f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su $N\gamma$ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00
Coefficiente correttivo su $N\gamma$ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

Influenza della falda a valle sia come peso sia come spinta da valle
Terreno a monte a elevata permeabilità

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS_{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2,16	--	5,68	--
2	A1-M1 - [1]	--	2,71	--	6,08	--
3	A1-M1 - [1]	--	2,44	--	6,20	--
4	A1-M1 - [1]	--	2,42	--	5,71	--
5	EQU - [1]	--	--	2,68	--	--
6	STAB - [1]	--	--	--	--	1,70
7	A1-M1 - [2]	--	2,19	--	4,90	--
8	A1-M1 - [2]	--	2,17	--	4,51	--
9	A1-M1 - [2]	--	1,95	--	4,40	--
10	A1-M1 - [2]	--	2,41	--	4,89	--

11	EQU - [2]	--	--	2,39	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	1,57
13	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,34	--	6,00	--
14	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,34	--	6,20	--
15	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,57	--	--
16	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,43	--	--
17	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,93
18	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,91
19	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	2,27	--	5,63	--
20	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	2,27	--	5,82	--
21	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,49	--	--
22	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,36	--	--
23	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,90
24	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,88
25	SLEQ - [1]	--	2,76	--	7,60	--
26	SLEF - [1]	--	2,70	--	7,31	--
27	SLER - [1]	--	2,57	--	6,67	--
28	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,59	--	6,95	--
29	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,60	--	7,04	--
30	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,54	--	6,69	--
31	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,54	--	6,77	--
32	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,42	--	6,08	--
33	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,42	--	6,16	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al muro (spigolo di monte)
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	44.327579
Longitudine	9.351592
Comune	Cogorno
Provincia	Genova
Regione	Liguria
Punti di interpolazione del reticolo	17368 - 17146 - 17145 - 17367

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.03 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S)$ = 4.02
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 2.01

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.41 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S)$ = 1.19
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h$ = 0.60
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (percento)	50,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	5700,00 [kg]
Baricentro del muro	X=-0,14 Y=-2,50

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1,05 Y = -3,90
Punto superiore superficie di spinta	X = 1,05 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	3,90 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 9
Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	6208,21	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	5881,64	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1987,01	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,05	[m]	Y = -2,50	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,80	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,05	[m]	Y = -3,90	[m]
Sottospinta falda	1287,00	[kg]		
Spinta falda da valle	405,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6888,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,53	[m]	Y = -1,75	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5476,64	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13663,01	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-916,08	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13663,01	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5476,64	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]
Risultante in fondazione	14719,76	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,84	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2286,43	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	60177,36	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,9045	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3376	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	N_c = 48.29	N_q = 35.44	N_γ = 40.61
Fattori forma	s_c = 1,00	s_q = 1,00	s_γ = 1,00
Fattori inclinazione	i_c = 0,57	i_q = 0,57	i_γ = 0,15
Fattori profondità	d_c = 1,16	d_q = 1,08	d_γ = 1,08

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'_c = 32.09	N'_q = 21.94	N'_γ = 6.49

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.95
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.40

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 9

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u momento ultimo espresso in [kgm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	1,05	100, 40	10,05	10,05	146711	-35261	139,72	15366	--	--
2	2,27	100, 40	10,05	10,05	21303	-17598	9,36	15535	--	--
3	3,50	100, 40	10,05	10,05	8991	-15578	2,57	15705	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 9

Simbologia adottata
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u momento ultimo espresso in [kgm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VRcd Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,37	100, 40	10,05	10,05	0	14102	27,77	15220	--	--
3	0,75	100, 40	10,05	10,05	0	14102	7,27	15220	--	--

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,53	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	18,69	15220	--	--
3	1,05	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	5,09	15220	--	--

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce 25

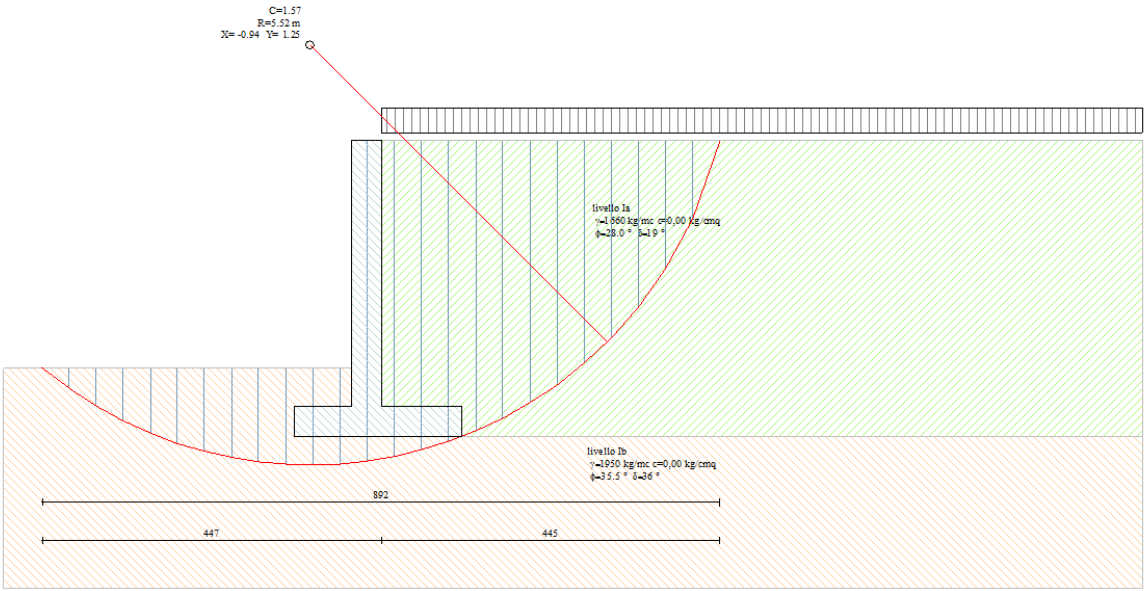
Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -0,94 Y[m]= 1,25
Raggio del cerchio R[m]= 5,52
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,47

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,45
Larghezza della striscia dx[m]= 0,36
Coefficiente di sicurezza C= 1.57
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	ϕ	c	u
1	536,32	70.88	506,72	1,09	23.04	0,00	0,00
2	1037,04	61.72	913,26	0,75	23.04	0,00	0,00
3	1381,88	54.61	1126,54	0,62	23.04	0,00	0,00
4	1650,28	48.61	1238,07	0,54	23.04	0,00	0,00
5	1869,43	43.26	1281,24	0,49	23.04	0,00	0,00
6	2052,35	38.36	1273,66	0,45	23.04	0,00	0,01
7	2206,50	33.77	1226,47	0,43	23.04	0,00	0,03
8	2336,61	29.41	1147,58	0,41	23.04	0,00	0,06
9	2445,91	25.24	1043,01	0,39	23.04	0,00	0,07
10	2595,00	21.21	938,73	0,38	26.04	0,00	0,09
11	2741,26	17.28	814,33	0,37	29.71	0,00	0,10
12	2808,51	13.44	652,67	0,37	29.71	0,00	0,11
13	3644,64	9.66	611,28	0,36	29.71	0,00	0,12
14	2865,04	5.91	295,25	0,36	29.71	0,00	0,12
15	1284,50	2.20	49,31	0,36	29.71	0,00	0,13
16	1263,04	-1.51	-33,19	0,36	29.71	0,00	0,13
17	1194,41	-5.22	-108,63	0,36	29.71	0,00	0,12
18	1159,59	-8.95	-180,45	0,36	29.71	0,00	0,12
19	1105,95	-12.73	-243,62	0,37	29.71	0,00	0,11
20	1032,76	-16.56	-294,29	0,37	29.71	0,00	0,10
21	721,51	-20.47	-252,27	0,38	27.30	0,00	0,09
22	516,80	-24.48	-214,12	0,39	23.04	0,00	0,08
23	397,12	-28.62	-190,23	0,41	23.04	0,00	0,06
24	254,41	-32.94	-138,33	0,42	23.04	0,00	0,04
25	85,29	-37.48	-51,90	0,45	23.04	0,00	0,01

ΣW_i= 39186,15 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 11411,09 [kg]
$\Sigma W_i \tan\phi_i$= 19672,84 [kg]
$\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i$= 3.57



COMBINAZIONE n° 22

Valore della spinta statica	4240,73	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4017,66	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1357,30	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,05	[m]	Y = -2,57	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,80	[°]		
Incremento sismico della spinta	416,62	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,05	[m]	Y = -2,57	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,36	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,05	[m]	Y = -3,90	[m]
Sottospinta falda	990,00	[kg]		
Spinta falda da valle	405,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6258,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,53	[m]	Y = -1,75	[m]
Inerzia del muro	343,65	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-171,83	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	377,29	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-188,65	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4728,31	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12473,17	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-916,08	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	8373,82	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	19768,69	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	12473,17	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4728,31	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]
Risultante in fondazione	13339,30	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,76	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2325,62	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.36

Inviluppo Sollecitazioni paramento

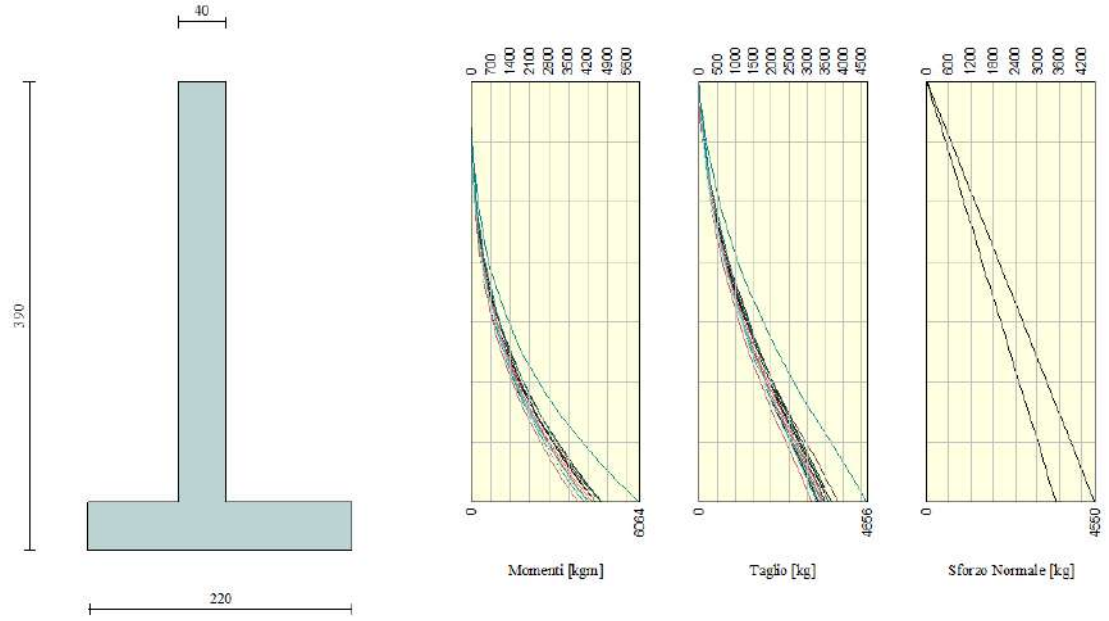
L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kgm]
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kg]
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kg]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	1,05	1050,00	1365,00	125,82	252,36	338,39	601,58
2	2,27	2275,00	2957,50	1158,42	1879,34	1481,87	2219,00
3	3,50	3500,00	4550,00	4064,67	6064,19	3304,00	4656,42

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	1,05	1050,00	1050,00	122,61	193,24	326,44	463,84
2	2,27	2275,00	2275,00	1109,64	1457,45	1411,42	1730,32
3	3,50	3500,00	3500,00	3869,25	4730,47	3127,17	3650,19



Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kgm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kg]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,37	376,73	553,58	2001,79	2887,87
3	0,75	1495,75	2117,49	3958,82	5388,42

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,37	343,96	427,68	1819,60	2244,28
3	0,75	1353,54	1655,71	3549,90	4268,60

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

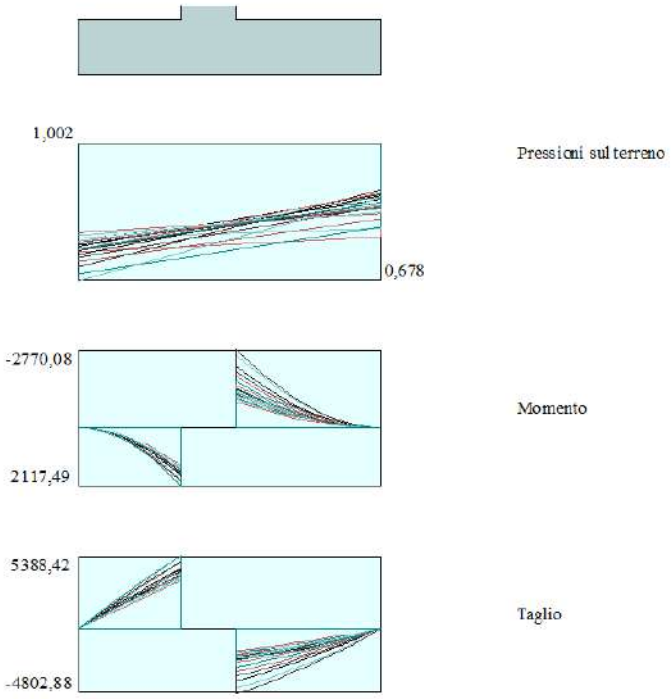
L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kgm]
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kg]

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,53	-754,66	-273,78	-2756,54	-1020,18
3	1,05	-2770,08	-1047,28	-4802,88	-1903,73

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,53	-380,24	-244,54	-1377,44	-902,43
3	1,05	-1371,66	-916,92	-2328,29	-1629,85



Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	1,05	100, 40	10,05	10,05	146711	-35261	139,72	15366	--	--
2	2,27	100, 40	10,05	10,05	21303	-17598	9,36	15535	--	--
3	3,50	100, 40	10,05	10,05	8991	-15578	2,57	15705	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	1,05	100, 40	10,05	10,05	1,10	0,15	15,02	-13,90
2	2,27	100, 40	10,05	10,05	8,60	0,55	320,46	-92,55
3	3,50	100, 40	10,05	10,05	27,49	1,16	1214,64	-280,47

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VRcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VRsd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,37	100, 40	10,05	10,05	0	14102	25,47	15220	--	--
3	0,75	100, 40	10,05	10,05	0	14102	6,66	15220	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
4	0,00	100, 40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,37	100, 40	10,05	10,05	2,43	0,71	124,50	-23,37
6	0,75	100, 40	10,05	10,05	9,40	1,36	482,00	-90,49

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	V_{Rd}	V_{Rcd}	V_{Rsd}
1	0,00	100, 40	10,05	10,05	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,53	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	18,69	15220	--	--
3	1,05	100, 40	10,05	10,05	0	-14102	5,09	15220	--	--

Inviluppo SLE

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
4	0,00	100, 40	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,53	100, 40	10,05	10,05	2,16	-0,44	-20,78	110,69
6	1,05	100, 40	10,05	10,05	7,79	-0,74	-74,96	399,31

4.3 Scogliera arginale – tratto sez. 28 - 20

4.3.1 Metodi di analisi

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valodi di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.
I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ. In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.
La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.
Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.
Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta *S'* considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \text{arctg}(k_h/(1\pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h.
In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \text{arctg}[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1\pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \text{arctg}[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1\pm k_v))]$$

Detta *S* la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente *A* vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta+\theta)}{\cos^2\beta\cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente *A* si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ.
Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente *A* viene posto pari a 1.
Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.
Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \qquad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove *W* è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.
Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r.
Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si puo impostare $\eta_r >= 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente diseguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} >= \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta *S*, dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.
Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s
Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s >= 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} >= \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.
La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta *N* la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \, tg \, \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 percento.
Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f, diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q. Cioè, detto Q_u, il carico limite ed *R* la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} >= \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q >= 1.0$
Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c \, N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

c	coesione del terreno in fondazione;
ϕ	angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$A = e^{\pi \, tg \, \phi}$

$N_q = A \, tg^2(45° + \phi/2)$

$N_c = (N_q - 1) \, ctg \, \phi$

$N_\gamma = (N_q - 1) \, tg \, (1.4\phi)$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$K_p = tg^2(45° + \phi/2)$

I fattori *d* e *i* che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$d_q = d_\gamma = 1$ per $\phi = 0$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$i_c = i_q = (1 - \theta°/90)^2$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta°}{\phi°}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$i_\gamma = 0$ per $\phi = 0$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare η_g>=1.0
Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) tg\phi_i}{m} \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove il termine *m* è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{tg\phi_i tg\alpha_i}{\eta}\right) \cos\alpha_i$$

In questa espressione *n* è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.
L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine *m* che è funzione di η. Quindi essa viene risolta per successive approsimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di *m* ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

4.3.2 Dimensionamento scogliera in blocchi di cava

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,30	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	*Effetto*		*A1*	*A2*	*EQU*	*HYD*
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		*M1*	*M2*	*M2*	*M1*
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,00	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00	1,00	1,00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

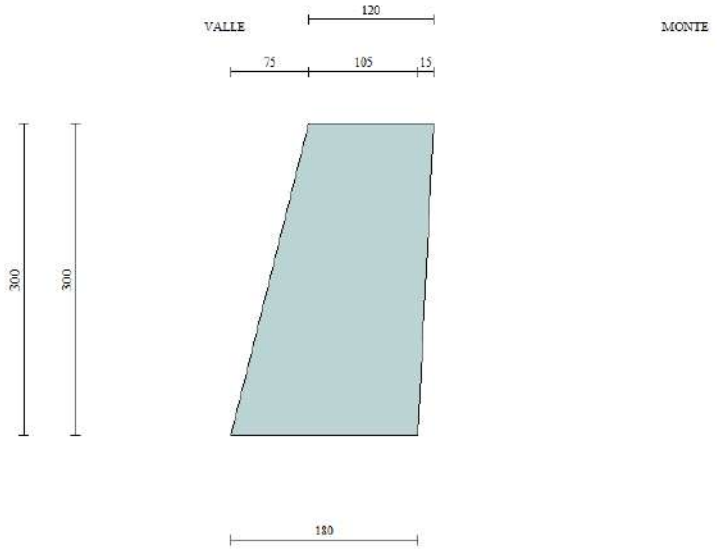
Verifica	*Coefficienti parziali*		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione	**Muro a gravità in pietrame**
Altezza del paramento	3,00 [m]
Spessore in sommità	1,20 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,80 [m]
Inclinazione paramento esterno	14,04 [°]
Inclinazione paramento interno	-2,86 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]



Materiali utilizzati per la struttura

Pietrame

Peso specifico	2000,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	30,0 [kg/cmq]
Angolo di attrito interno ϕ_p	45,00 [°]
Resistenza a taglio τ_p	0,0 [kg/cmq]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento
(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	1,50	-1,00	-33,69
2	5,00	-1,00	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	1,00	[m]

Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione	1,00	[m]
Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	1,00	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cmq]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

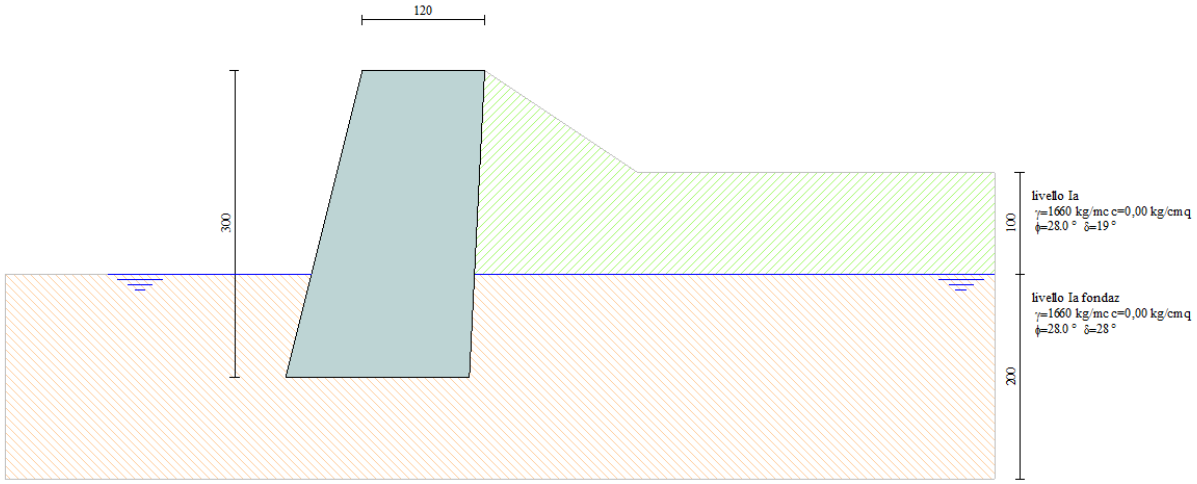
Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
livello Ia	1660	1880	28.00	18.67	0,000	0,000
livello Ia fondaz	1660	1880	28.00	28.00	0,000	0,000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	2,00	0,00	0,00	0,00	livello Ia
2	2,00	0,00	1,86	0,00	livello Ia fondaz



Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 2 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$

Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 3 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	**γ**	**Ψ**	**γ * Ψ**
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00

Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 15 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 16 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 17 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 18 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 19 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 20 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 21 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	γ * Ψ
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su Nγ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00
Coefficiente correttivo su Nγ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

Influenza della falda a valle sia come peso sia come spinta da valle
Terreno a monte a elevata permeabilità

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS_{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2,03	--	2,74	--
2	A1-M1 - [1]	--	2,77	--	2,30	--
3	A1-M1 - [1]	--	2,03	--	2,74	--
4	A1-M1 - [1]	--	2,77	--	2,30	--
5	EQU - [1]	--	--	2,67	--	--

6	STAB - [1]	--	--	--	--	1,49
7	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,20	--	2,92	--
8	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,24	--	2,80	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,48	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,68	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,69
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,65
13	SLEQ - [1]	--	3,01	--	3,10	--
14	SLEF - [1]	--	3,01	--	3,10	--
15	SLER - [1]	--	3,01	--	3,10	--
16	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,73	--	3,01	--
17	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,72	--	3,05	--
18	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,73	--	3,01	--
19	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,72	--	3,05	--
20	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,73	--	3,01	--
21	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,72	--	3,05	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al muro (spigolo di monte)
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	44.327579
Longitudine	9.351592
Comune	Cogorno
Provincia	Genova
Regione	Liguria
Punti di interpolazione del reticolo	17368 - 17146 - 17145 - 17367

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.03 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 4.02$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.01$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.41 [m/s^2]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.19$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.60$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0			
Lunghezza del muro	10,00	[m]		
Peso muro	9000,00	[kg]		
Baricentro del muro	X=-0,84	Y=-1,60		

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,15	Y = -3,00		
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00	Y = 0,00		
Altezza della superficie di spinta	3,00	[m]		
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	-2,86	[°]		

COMBINAZIONE n° 1
Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	1919,37	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1799,86	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	666,69	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,10	[m]	Y = -1,92	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,19	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	59,21	[°]		
Spinta falda	650,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,15	[m]	Y = -2,67	[m]
Sottospinta falda	2340,00	[kg]		
Spinta falda da valle	500,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1949,86	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	7451,69	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	7451,69	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1949,86	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,06	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,80	[m]
Risultante in fondazione	7702,58	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,66	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-428,38	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	20408,87	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3347	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4933	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	N_c = 25.80	N_q = 14.72	N_γ = 11.19
Fattori forma	s_c = 1,00	s_q = 1,00	s_γ = 1,00
Fattori inclinazione	i_c = 0,70	i_q = 0,70	i_γ = 0,23
Fattori profondità	d_c = 1,18	d_q = 1,09	d_γ = 1,09

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'_c = 21.42	N'_q = 11.27	N'_γ = 2.77

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.03
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.74

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 1
L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms momento stabilizzante [kgm]
Mr momento ribaltante [kgm]
Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,90	138,00	2318	-101	183	--	0,20	--	--	12,69	--
2	1,95	159,00	5422	-214	857	--	0,39	--	--	6,33	--

COMBINAZIONE n° 2
Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole

Valore della spinta statica	1919,37	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1799,86	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	666,69	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,10	[m]	Y = -1,92	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,19	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	59,21	[°]		
Spinta falda	650,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,15	[m]	Y = -2,67	[m]
Sottospinta falda	2340,00	[kg]		
Spinta falda da valle	500,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1949,86	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	10151,69	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	10151,69	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1949,86	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,80	[m]
Risultante in fondazione	10337,25	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,87	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-995,38	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	23354,65	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3797	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,7483	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	N_c = 25.80	N_q = 14.72	N_γ = 11.19
Fattori forma	s_c = 1,00	s_q = 1,00	s_γ = 1,00
Fattori inclinazione	i_c = 0,77	i_q = 0,77	i_γ = 0,37
Fattori profondità	d_c = 1,18	d_q = 1,09	d_γ = 1,09

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

N'_c = 23.63	N'_q = 12.43	N'_γ = 4.57

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.77
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.30

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2
L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm
H altezza della sezione espressa in [cm]
N sforzo normale [kg]
M momento flettente [kgm]
T taglio [kg]
e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]

Ms momento stabilizzante [kgm]
Mr momento ribaltante [kgm]
Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,90	138,00	3013	-148	183	--	0,26	--	--	16,50	--
2	1,95	159,00	7048	-445	857	--	0,55	--	--	8,23	--

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6
Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

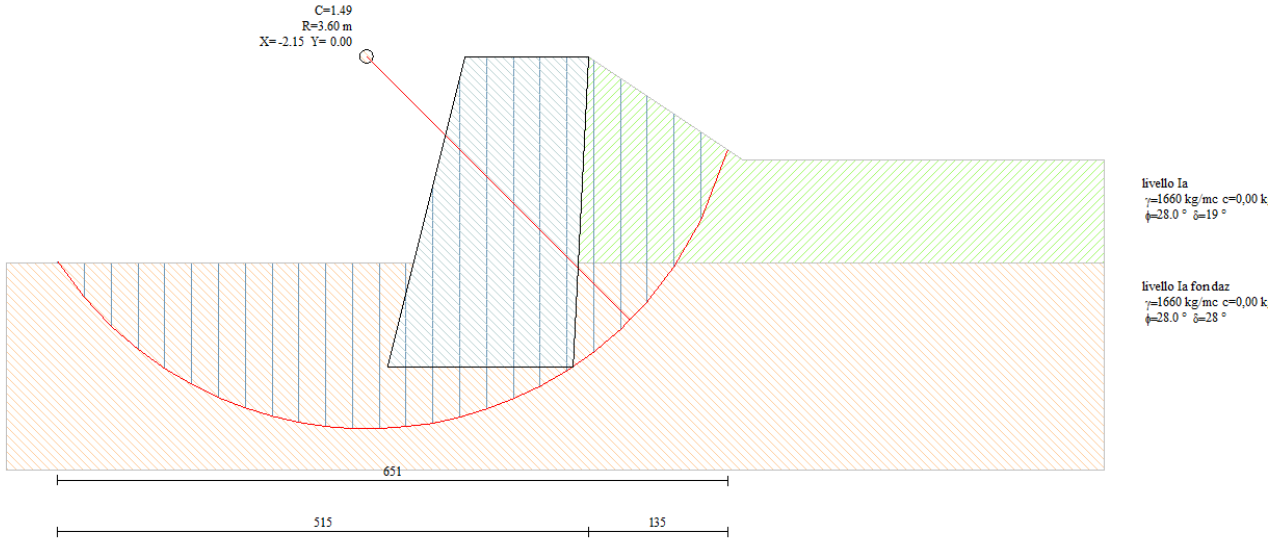
Metodo di Bishop
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce 25

Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -2,15 Y[m]= 0,00
Raggio del cerchio R[m]= 3,60
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,15
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1,35
Larghezza della striscia dx[m]= 0,26
Coefficiente di sicurezza C= 1.49
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	W$\sin\alpha$	b/$\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	184,13	69.03	171,93	0,73	23.04	0,00	0,00
2	502,59	59.85	434,61	0,52	23.04	0,00	0,00
3	758,42	52.34	600,42	0,43	23.04	0,00	0,02
4	981,73	45.97	705,89	0,37	23.04	0,00	0,05
5	1176,50	40.28	760,67	0,34	23.04	0,00	0,07
6	1434,04	35.04	823,36	0,32	23.04	0,00	0,09
7	1612,96	30.12	809,40	0,30	23.04	0,00	0,11
8	1675,51	25.43	719,61	0,29	23.04	0,00	0,13
9	1726,62	20.93	616,72	0,28	23.04	0,00	0,14
10	1757,39	16.55	500,66	0,27	23.04	0,00	0,15
11	1426,76	12.27	303,33	0,27	23.04	0,00	0,15
12	934,81	8.07	131,17	0,26	23.04	0,00	0,16
13	786,80	3.90	53,54	0,26	23.04	0,00	0,16
14	783,12	-0.24	-3,32	0,26	23.04	0,00	0,16
15	777,97	-4.39	-59,52	0,26	23.04	0,00	0,16
16	763,51	-8.56	-113,60	0,26	23.04	0,00	0,16
17	739,50	-12.77	-163,48	0,27	23.04	0,00	0,15
18	705,53	-17.06	-206,97	0,27	23.04	0,00	0,14
19	660,99	-21.45	-241,69	0,28	23.04	0,00	0,14
20	604,96	-25.97	-264,95	0,29	23.04	0,00	0,12
21	536,17	-30.68	-273,60	0,30	23.04	0,00	0,11
22	452,76	-35.64	-263,80	0,32	23.04	0,00	0,09
23	351,93	-40.92	-230,53	0,34	23.04	0,00	0,07
24	229,23	-46.68	-166,77	0,38	23.04	0,00	0,05
25	76,81	-53.15	-61,46	0,43	23.04	0,00	0,02

ΣW_i= 21640,74 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$= 4581,63 [kg]
$\Sigma W_i \tan\phi_i$= 9205,27 [kg]
$\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i$= 1.77



COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	1476,44	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1384,51	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	512,84	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,10	[m]	Y = -1,92	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,19	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	59,21	[°]		
Incremento sismico della spinta	187,45	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,10	[m]	Y = -1,92	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,96	[°]		
Spinta falda	500,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,15	[m]	Y = -2,67	[m]
Sottospinta falda	1800,00	[kg]		
Spinta falda da valle	500,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	542,61	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-271,30	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2102,90	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	7631,65	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	4534,09	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	11238,63	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	7631,65	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2102,90	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,80	[m]
Risultante in fondazione	7916,08	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	163,94	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.48

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 9
L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm
H altezza della sezione espressa in [cm]
N sforzo normale [kg]
M momento flettente [kgm]
T taglio [kg]
e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms momento stabilizzante [kgm]
Mr momento ribaltante [kgm]
Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,90	138,00	--	--	--	2,01	--	1818	109	--	16,69
2	1,95	159,00	--	--	--	0,30	--	5429	787	--	6,90

Inviluppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

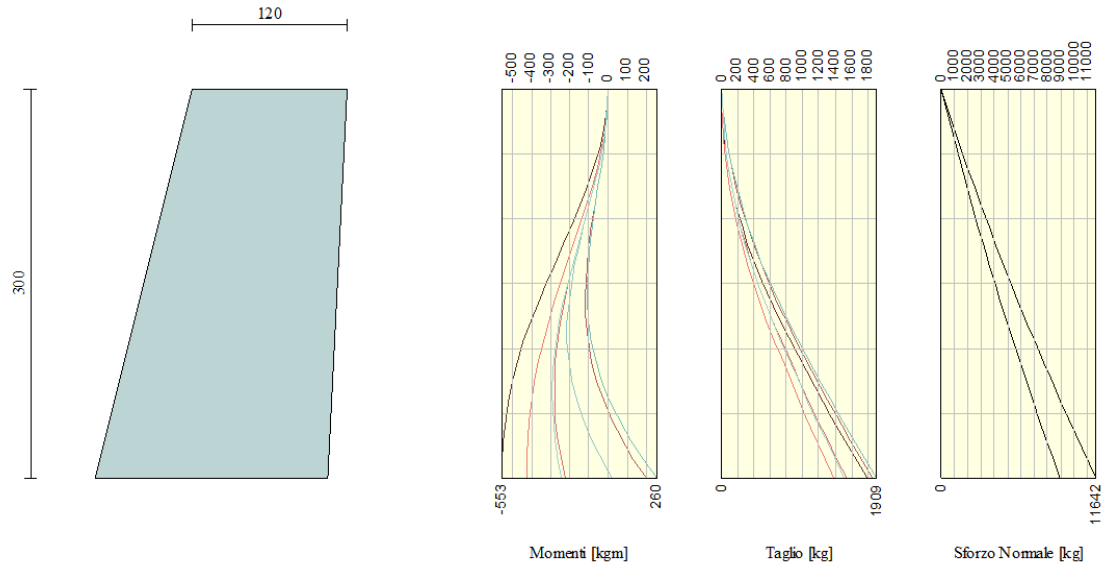
L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm
H altezza della sezione espressa in [cm]
N sforzo normale [kg]
M momento flettente [kgm]
T taglio [kg]
e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms momento stabilizzante [kgm]
Mr momento ribaltante [kgm]
Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,90	138,00	2318	3013	-148	-67	183	251
2	1,95	159,00	5422	7048	-445	-87	857	957
3	3,00	180,00	8955	11642	-553	260	1796	1909

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,90	138,00	4,90	0,26	1828	111	9,25	16,34
2	1,95	159,00	6,31	0,55	5482	813	5,67	6,70



4.4 Tombinature scatolari prefabbricate

Per quanto riguarda la messa in opera dei tratti di canale coperto mediante impiego di elementi scatolari prefabbricati essi verranno eseguiti lungo i seguenti tratti:

- tratto sezioni 15.9-15: struttura scatolare e brevi tratti di raccordo gettati in opera avente altezza e larghezza netta pari rispettivamente a 2,25 e 2,50 m con spessore massimo degli elementi scatolari pari a 25 cm sviluppo degli stessi pari a 1,00 o 2,00 m, con sviluppo di lunghezza pari a circa 14,00 m;

- tratto sezioni 10-7: struttura scatolare e tratti di raccordo gettati in opera avente altezza e larghezza netta pari rispettivamente a 3,00 e 2,00 m con spessore massimo degli elementi scatolari pari a 25 cm sviluppo degli stessi pari a 1,00 o 2,00 m, a meno di un breve tratto di raccordo iniziale dalla larghezza di 2,50 m del tratto di monte ai 3,00 m qui previsti, con sviluppo di lunghezza pari a circa 17,00 m;

- tratto sezioni 5-4: rifacimento del ponticello di attraversamento della S.P. n° 33 con impiego di struttura scatolare prefabbricata di altezza netta pari a 2,25 m e larghezza netta pari a 3,00 m per uno sviluppo pari a circa 11,50 ml con spessore massimo degli elementi scatolari pari a 25 cm e sviluppo dei moduli prefabbricati pari a 1,00 o 2,00 m.

Detti elementi prefabbricati saranno dimensionati per carichi stradali di prima categoria; per dette opere la ditta fornitrice dovrà presentare debita relazione di calcolo e certificazioni sui materiali impiegati secondo le modalità previste per la procedura di denuncia delle opere in c.a. presso la Città Metropolitana di Genova.

Gli elementi scatolari sopra descritti vengono posati su uno strato di sottofondo (magrone) di circa 15 cm, mentre al di sopra di essi viene previsto un ricoprimento minimo di 20 cm debitamente compattato lungo l'intero sviluppo.

5. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo
Il sottoscritto , in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta
L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.
Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:
- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	14.00
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Studio Tec. Ass. Ing. Brizzolara e Ing. Sturla
Licenza	AIU3767A3

Affidabilità dei codici di calcolo
Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati
La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione
Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati
I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.
In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo
Il sottoscritto , in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta
L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.
L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).
La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Studio Tec. Ass. Ing. Brizzolara e Ing. Sturla
Licenza	AIU3767A3

Affidabilità dei codici di calcolo
Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati
La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione
Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati
I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.
In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.