

Committente:

# COMUNE DI STREVI

PROVINCIA DI ALESSANDRIA



Oggetto:

## SISTEMAZIONE IDRAULICA TRATTO TERMINALE RIO CROSIO

### PROGETTO ESECUTIVO

#### CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE - OPERE ANTIEROSIVE

SCALA:


Identificazione elaborato	Ambito		Tipologia		Commessa	n° elaborato	
E2PE43615A04b	E	2	P	E	436/15	A	04.b

Dati Progettisti / Consulenti

**Ing. Geol. Luigi MARENCO**

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della  
Provincia di Alessandria n° 1242  
Ordine Geologi del Piemonte n° 435

**Ing. Giorgia Andrea TOFFOLI**

Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della  
Provincia di Torino n° 12246F

Rev.	Redatto	Verificato	Validato	Data	Timbri e Firme
1	ing. G. Toffoli	ing. M. Tuberga	ing. L. Marengo	06/17	

Il Responsabile del procedimento:

FIRMA

File: E2PE43615A04b.pdf

**GEO sintesi**  
Associazione tra Professionisti

geol. Edoardo RABAJOLI  
ing. Massimo TUBERGA  
ing. Luigi MARENCO  
geol. Nicola QUARANTA  
geol. Teresio BARBERO

C.so Unione Sovietica, 560 - 10135 Torino  
Tel. 011 3913194 - Fax. 011 3470903  
email : info@geoengineering.torino.it



0	PREMESSA.....	1
1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO .....	1
2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	2
3	PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO .....	2
4	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	6
4.1	Criteri di verifica.....	6
4.1.1	Calcolo delle spinte .....	6
4.1.2	Verifica al ribaltamento .....	9
4.1.3	Verifica a scorrimento.....	9
4.1.4	Verifica al carico limite.....	10
4.1.5	Verifica alla stabilità globale .....	11
4.2	Condizioni di progetto.....	11
4.2.1	Livelli di falda .....	11
4.2.2	Vita nominale e azione sismica .....	12
5	RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE .....	13
5.1	Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche.....	13
5.2	Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche .....	14
5.2.1	Geometria muro e fondazione .....	14
5.2.2	Materiali utilizzati per la struttura.....	14
5.2.3	Geometria profilo terreno a monte del muro .....	15
5.2.4	Terreno a valle del muro.....	15
5.2.5	Falda.....	15
5.2.6	Descrizione terreni.....	15
5.2.7	Stratigrafia .....	15
5.3	Descrizione combinazioni di carico .....	16
5.3.1	Impostazioni di analisi .....	17
5.4	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati .....	19
5.5	Analisi della spinta e verifiche .....	20
5.5.1	Combinazione n° 1 .....	21
5.5.2	Combinazione n° 2 .....	22
5.5.3	Combinazione n° 3 .....	24
5.5.4	Combinazione n° 4 .....	25
5.5.5	Combinazione n° 5 .....	26
5.5.6	Combinazione n° 6 .....	28
5.5.7	Combinazione n° 7 .....	30
5.5.8	Combinazione n° 8 .....	31
5.5.9	Combinazione n° 9 .....	33
5.5.10	Combinazione n° 10 .....	34
5.5.11	Combinazione n° 11 .....	36
5.5.12	Combinazione n° 12 .....	37
5.5.13	Combinazione n° 13 .....	38
5.5.14	Combinazione n° 14 .....	39
5.5.15	Combinazione n° 15 .....	41
5.5.16	Involuppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni .....	42



## 0 PREMESSA

Nel seguito si procede all'esposizione alle verifiche statiche e strutturali delle scogliere di protezione spondale lungo il Rio Crosio nei settori A e B, riportando i calcoli di dimensionamento e verifica ai sensi della normativa vigente e in particolare delle NTC 2008.

## 1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'analisi delle scarpate di erosione manifestatesi, associate alle informazioni desunte dagli affioramenti individuati in corrispondenza delle zone di indagine, alle osservazioni visive delle scarpate di scavo ed alla geologia del sito, hanno permesso di definire in modo sufficientemente preciso, con riferimento ai diversi settori di intervento individuati, l'assetto litostratigrafico locale.

Per i settori interessati dalle opere antierosive il Rio Crosio risulta scorrere in prossimità del substrato litoide affiorante o sub-affiorante; localmente il medesimo è celato da materiali incoerenti eterogenei, prevalentemente a granulometria medio fine, sino grossolana in prossimità del contatto, riferibili all'alterazione del medesimo ad opera dell'alveo; tali materiali costituiscono un deposito sostanzialmente omogeneo lungo il fondovalle.

Con riferimento ai litotipi interessati dagli interventi in esame, al di sotto della copertura di terreno vegetale, vengono individuate due unità litologiche principali:

- I. L'unità litologica più superficiale (unità II - riferimento relazione geologica, geotecnica e sismica) comprende i depositi sabbiosi ghiaiosi che compongono la coltre superficiale della zona in esame, presente principalmente lungo la sponda idrografica destra; si tratta di materiali con pezzatura eterogenea, per lo più grossolana, caratterizzati da elevata variabilità areale. La variabilità areale è sostanzialmente connessa alla natura deposizionale dei terreni in esame legata alle divagazioni dell'alveo.
- II. il substrato litoide è costituito da marne argillose alternate ad arenarie e sabbie presenti in strati sottili, (Unità litologica III - riferimento relazione geologica, geotecnica e sismica).

Preventivamente alla realizzazione degli interventi sarà necessario rivalutare le assunzioni stratigrafiche adottate, con particolare riferimento al piano di imposta delle

difese antierosive ed all'opera di trattenimento, avendo cure di verificare l'imposta delle opere sul substrato costituente l'unità litologica III.

## 2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La natura del terreno costituente le unità litologiche II e III non ha permesso la realizzazione di prove in sito tali da fornire in modo oggettivo parametri di resistenza significativi. Ciò in quanto la struttura addensata dei termini alluvionali, con apprezzabile presenza di ciottoli, condiziona la realizzazione delle usuali prove geotecniche in sito; analogamente, il substrato marnoso arenaceo non può essere interessato dalle prove penetrometriche.

Per cui per la definizione dei parametri geotecnici necessari alla progettazione si è dovuto necessariamente far riferimento a dati bibliografici e alle risultanze di precedenti esperienze su terreni analoghi.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di riferimento dei principali parametri geotecnici dei terreni costtuenti il substrato di riferimento. Il limite inferiore potrà applicarsi ai termini di riempimento e/o di riporto a tergo dei paramenti.

TERRENO	STRUTTURA E CONSISTENZA	$\gamma$ (kNm <sup>-3</sup> )	$\phi'_p$ (°)	$c'$ (kPa)	$E'$ (MPa)	$\nu$
Terreno ghiaioso a scheletro grossolano in matrice prevalentemente limoso-sabbiosi con frazione argillosa subordinata	Struttura stratificata lenticolare	19	34 - 42	0 - 10	30	0,30
Sbstrato marnoso arenaceo	Struttura stratificata	22	32	50	>40	0,30

Legenda: peso di volume ( $\gamma$ ), angolo di resistenza al taglio di picco ( $\phi'_p$ ), coesione drenata ( $c'$ ), modulo di deformabilità ( $E'$ ) e coefficiente di Poisson ( $\nu$ )

**Tabella 1:** Caratteristiche litotecniche dei terreni

## 3 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Sulla base delle analisi svolte al paragrafo precedente è possibile definire un profilo geotecnico di progetto a cui fare riferimento in sede progettuale.

La definizione dei parametri di calcolo è effettuata con riferimento all'approccio agli stati limite in campo geotecnico trattato dagli Eurocodici, che viene introdotto a livello di normativa nazionale attraverso il "Testo unico – Norme Tecniche per le Costruzioni – Gennaio 2008".

Per Stato Limite Ultimo (SLU) si intende lo stato al superamento del quale si ha il collasso strutturale, crolli, perdita di equilibrio, dissesti gravi, ovvero fenomeni che mettono fuori servizio in modo irreversibile la struttura.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Per Stato Limite di Esercizio (SLE) si intende lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione dell'opera.

Nell'ambito del metodo agli stati limite, la misura della sicurezza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti Parziali" di sicurezza espresso dall'espressione

$$E_d \leq R_d$$

dove:

$R_d$  = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

$E_d$  = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni, nelle combinazioni di carico di cui ai punti successivi

La resistenza  $R_d$  è determinata:

$$R_d = 1/\gamma_R R [\gamma_F F_K; X_k/\gamma_M; a_d]$$

E l'effetto delle azioni risulta:

$$E_d = E [\gamma_F F_K; X_k/\gamma_M; a_d]$$

In cui l'effetto delle azioni e resistenze sono espresse in funzione delle azioni di progetto  $F$ , dei parametri di progetto  $X$  e della geometria di progetto  $a$ .

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficiente parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnica (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2, e R3).

La resistenza di progetto può essere determinata:

- in modo analitico, con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici di resistenza (angolo di attrito, coesione, etc.) divisi per un coefficiente parziale

$\gamma_M$  e tenendo conto ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  specifici per ogni tipo di opera sulla base di misure dirette, tenendo conto di specifici coefficienti parziali  $\gamma_R$  specifici per ogni tipo di opera

- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con I risultati di prove in sito, tenendo conto di specifici coefficienti parziali  $\gamma_R$  specifici per ogni tipo di opera

Le azioni di progetto  $E_d$  sono determinate, a partire da un valore caratteristico, amplificandolo mediante i coefficienti parziali  $\gamma_F$ .

Per le diverse condizioni nella verifica agli Stati Limite Ultimi (SLU), il T.U. Gennaio 2008 individua i seguenti coefficienti parziali:

#### Azioni (EQU)

AZIONE	Simbologia coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	$\gamma_{G1}$	1,1
Permanente favorevole		0,9
Permanente non strutturale favorevole	$\gamma_{G2}$	1,5
Permanente non strutturale sfavorevole		0,0
Variabile sfavorevole	$\gamma_Q$	1,5
Variabile favorevole		0,0

#### Azioni (A1) STR

AZIONE	Simbologia coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	$\gamma_G$	1,3
Permanente favorevole		1,0
Permanente non strutturale sfavorevole	$\gamma_{G2}$	1,5
Permanente non strutturale favorevole		0,0
Variabile sfavorevole	$\gamma_Q$	1,5
Variabile favorevole		0,0



## Azioni (A2) GEO

AZIONE	Simbologia	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	$\gamma_G$	1,0
Permanente favorevole		1,0
Permanente non strutturale sfavorevole	$\gamma_{G2}$	1,3
Permanente non strutturale favorevole		0,0
Variabile sfavorevole	$\gamma_Q$	1,3
Variabile favorevole		0,0

## Resistenze (M1)

AZIONE	Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	1,0
Coesione efficace	$c'_k$	1,0
Resistenza non drenata	$c_{u_k}$	1,0
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	1,0

## Resistenze (M2)

AZIONE	Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	1,25
Resistenza non drenata	$c_{u_k}$	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	1,0

Per le diverse problematiche di progetto sarà possibile definire il profilo geotecnico di progetto.

## 4 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche vengono eseguite in accordo con il DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE 14 GENNAIO 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.

Le verifiche sono state condotte con riferimento alle opere di protezione antiersiva delle sponde.

### 4.1 Criteri di verifica

Il calcolo delle opere di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi in condizioni statiche e dinamiche (presenza di sisma):

- 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

#### 4.1.1 Calcolo delle spinte

##### **Valori caratteristici e valori di calcolo**

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori 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  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo A1-M1 nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti 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 lasciati inalterati i carichi. Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

##### **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  $\rho$  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  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno

e della parte pari a:

$$\varepsilon' = \varepsilon + \vartheta$$

$$\beta' = \beta + \vartheta$$

dove  $\vartheta = \arctan \frac{k_h}{1 \pm k_v}$  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,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\vartheta = \arctan \left( \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \right) \cdot \left( \frac{k_h}{1 \pm k_v} \right)$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\vartheta = \arctan \left( \frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \right) \cdot \left( \frac{k_h}{1 \pm k_v} \right)$$

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

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

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

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:

$$F_{iH} = k_h W$$

$$F_{iV} = \pm k_v W$$

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.

#### 4.1.2 Verifica al 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  $\eta_r$ .

Eseguito il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

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  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  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.

#### 4.1.3 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  $\eta_s$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_s}{F_r} \geq \eta_s$$

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  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

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 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

#### 4.1.4 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  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Nell'ipotesi di imposta del piano fondazionale dell'opera sul substrato litoide dell'unità III, con riferimento alle pressioni ammissibili proposte dal codice inglese CP 2004 e dalla normativa USA, si adotterà cautelativamente un valore di calcolo pari a 300 kPa.

#### 4.1.5 Verifica alla stabilità globale

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

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:

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

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  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  $\phi_i$  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  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## 4.2 Condizioni di progetto

### 4.2.1 Livelli di falda

La falda acquifera in condizioni ordinarie di esercizio risulta assente mentre si è tenuto conto dei diversi livelli di piena del Rio che potrebbero indurre diversi livelli di saturazione tra monte e valle dell'opera (condizione di svaso rapido). Si è assunto un dislivello fra monte e valle di 2,10 m.

#### 4.2.2 Vita nominale e azione sismica

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Il D.M. 14/01/2008, ad esempio, prevede per opere ordinarie una vita nominale > 50 anni. I manufatti in oggetto sono classificabili come struttura "ordinaria", e pertanto ha vita nominale VN = 50 anni.

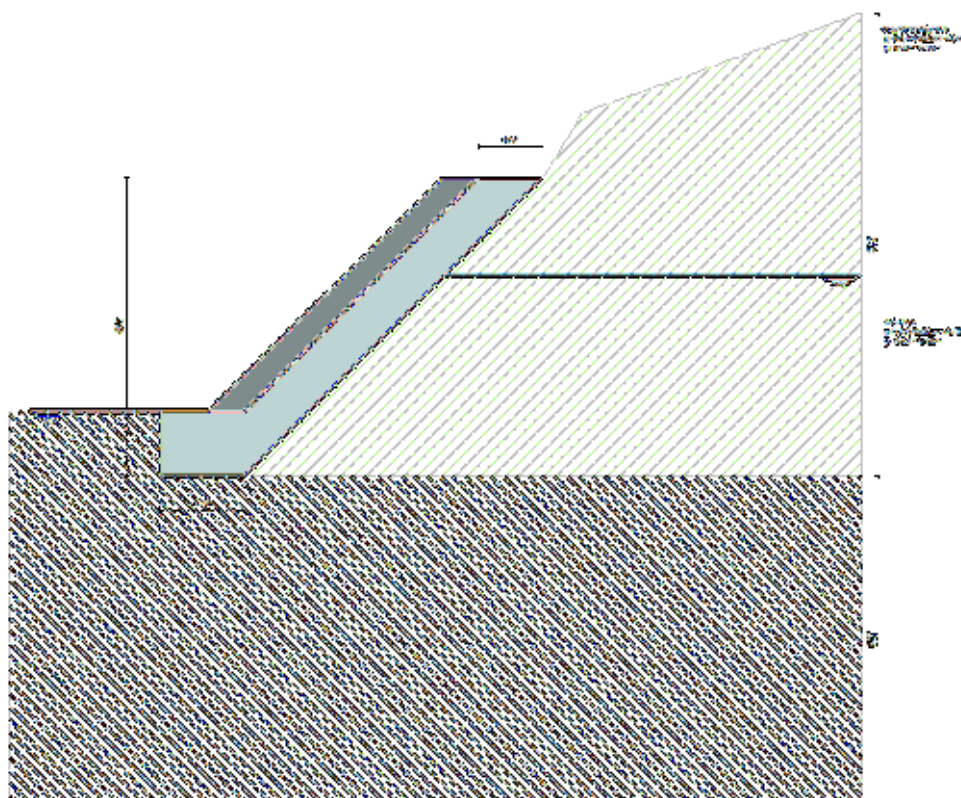
##### Parametri di progetto secondo NTC

Vita nominale VN:	50 anni
Classe d'uso:	Classe II
Coefficiente d'uso	1
Periodo di riferimento VR:	50
Categoria del sottosuolo	A
Coefficiente stratigrafico	1,0
Categoria topografica:	T1
Amplificazione topografica ST	1
Zona sismica del sito	3
Coordinate del sito Long. = 7,4507 Lat. = 45,155 (Strevi)	
Accelerazione al suolo $a_g$	0,61 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0,20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0,50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1,24$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0,50 * k_h = 0,62$



## 5 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE

Si è fatto riferimento alla situazione più gravosa rappresentata dalla seguente geometria:



### 5.1 Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
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	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00	1,00	1,00

## 5.2 Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
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	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1,00	1,00	1,00	1,00

### FONDAZIONE SUPERFICIALE

**Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO**

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
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	

### 5.2.1 Geometria muro e fondazione

<i>Descrizione</i>	<b>Muro a gravità in pietrame</b>
Altezza del paramento	3,60 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,00 [m]
Inclinazione paramento esterno	45,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-45,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Spessore rivestimento	0,57 [m]
Peso sp. rivestimento	22,0000 [kN/mc]

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1,30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,30 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore estremità fondazione di valle	1,00 [m]
Spessore all'incastro fondazione di valle	1,00 [m]
Spessore all'incastro fondazione di monte	0,00 [m]
Spessore estremità fondazione di monte	0,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

### 5.2.2 Materiali utilizzati per la struttura

<i>Pietrame</i>	
Peso specifico	22,000 [kN/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	40000 [kPa]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]

Resistenza a taglio  $\tau_p$  50 [kPa]

### 5.2.3 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	0,60	1,00	59,04
2	4,90	2,53	19,59

### 5.2.4 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 0,00 [m]

### 5.2.5 Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione 3,10 [m]  
Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione 1,00 [m]

### 5.2.6 Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno  
Descrizione Descrizione terreno  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]  
 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]  
 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]  
c Coesione espressa in [kPa]  
 $c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kPa]  
 $\alpha_d$  Tensione di progetto espressa in [kPa]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Copertura / Riporto	19,00	19,00	36,00	24,00	0,0	0,0
Substrato	22,00	22,00	32,00	21,33	50,0	35,0

### 5.2.7 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<sup>2</sup>/cm  
Ks Coefficiente di spinta  
Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	4,60	0,00	0,00	0,00	Copertura / Riporto
2	5,00	0,00	14,14	0,00	Substrato

### 5.3 Descrizione combinazioni di carico

#### Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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° 3 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10

#### Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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 A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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 A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

#### Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$

Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma^* \Psi$
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

**5.3.1 Impostazioni di analisi*****Impostazioni avanzate***

Terreno a monte a elevata permeabilità

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

***Impostazioni verifiche SLU****Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali*

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1,60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1,60
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

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

*Verifica fessurazione*

Sensibilità delle armature

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

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

,

## 5.4 Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>RIB</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>QLIM</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>STAB</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>sco</sub></b>	<b>CS<sub>rib</sub></b>	<b>CS<sub>qlim</sub></b>	<b>CS<sub>stab</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	1,90	--	5,65	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,47	--	3,22	--
3	EQU - [1]	--	--	3,63	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,97
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,09	--	7,20	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,10	--	7,17	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,36	--	2,92	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,35	--	2,93	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,71	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,77	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,92
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,92
13	SLEQ - [1]	--	2,23	--	7,56	--
14	SLEF - [1]	--	2,23	--	7,56	--
15	SLER - [1]	--	2,23	--	7,56	--

## 5.5 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	rif. CP 2004 - normativa USA
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

### Sisma

#### **Identificazione del sito**

Latitudine	44.699007
Longitudine	8.523309
Comune	Strevi
Provincia	Alessandria
Regione	Piemonte
Punti di interpolazione del reticolo	15580 - 15581 - 15359 - 15358

#### **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 $a_g$	0.61 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.24$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.62$

#### **Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo $a_g$	0.24 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.49$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.25$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
------------------------------------	--------------------------------

Partecipazione spinta passiva (percento)	50,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Peso muro	154,4400 [kN]
Baricentro del muro	X=-3,19 Y=-2,55



Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -4,60	Y = -4,60
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	4,60	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	-45,00	[°]

**5.5.1 Combinazione n° 1****Peso muro sfavorevole e Peso terrapieno sfavorevole**

Valore della spinta statica	5,3959	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	5,0375	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-1,9337	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,79	[m]	Y = -2,79	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	40,25	[°]		
Spinta falda	61,2582	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	16,5735	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	66,2957	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	180,7350	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-9,9210	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	180,7350	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	66,2957	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	192,5105	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,14	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-39,1593	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1020,6770	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	278,05	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 35.49$	$N_q = 23.18$	$N_\gamma = 20.79$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,43$	$i_q = 0,46$	$i_\gamma = 0,32$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,21$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 20.12$	$N'_q = 12.87$	$N'_\gamma = 6.71$
----------------	----------------	--------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.90
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.65

## 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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	5,06	0,01	6,24	0,20	5	--	--	8,82	--
3	0,35	100,00	10,12	0,03	12,35	0,25	10	--	--	4,87	--
4	0,53	100,00	15,18	0,02	18,33	0,15	15	--	--	3,56	--
5	0,71	100,00	20,24	-0,02	24,17	0,11	20	--	--	2,91	--
6	0,88	100,00	25,30	-0,13	29,86	0,53	24	--	--	2,52	--
7	1,06	100,00	30,36	-0,34	35,41	1,11	28	--	--	2,27	--
8	1,24	100,00	35,42	-0,66	40,82	1,86	31	--	--	2,09	--
9	1,42	100,00	40,48	-1,13	46,07	2,78	34	--	--	1,96	--
10	1,59	100,00	45,54	-1,76	51,23	3,87	35	--	--	1,86	--
11	1,77	100,00	50,60	-2,56	56,60	5,05	35	--	--	1,78	--
12	1,95	100,00	55,66	-3,47	62,20	6,23	35	--	--	1,70	--
13	2,12	100,00	60,72	-4,45	68,05	7,33	34	--	--	1,63	--
14	2,30	100,00	65,78	-5,47	74,15	8,31	33	--	--	1,56	--
15	2,48	100,00	70,84	-6,47	80,49	9,14	32	--	--	1,50	--
16	2,65	100,00	75,90	-7,42	87,07	9,78	31	--	--	1,45	--
17	2,83	100,00	80,96	-8,27	93,90	10,21	31	--	--	1,39	--
18	3,01	100,00	86,02	-8,97	100,97	10,43	32	--	--	1,35	--
19	3,18	100,00	91,08	-9,50	108,29	10,43	34	--	--	1,30	--
20	3,36	100,00	96,14	-9,79	115,85	10,18	37	--	--	1,26	--
21	3,54	100,00	101,20	-9,81	123,65	9,69	42	--	--	1,22	--
22	3,72	100,00	106,26	-9,51	131,70	8,95	49	--	--	1,19	--
23	3,89	100,00	111,32	-8,86	139,99	7,96	58	--	--	1,15	--
24	4,07	100,00	116,38	-7,81	148,53	6,71	70	--	--	1,12	--
25	4,25	100,00	121,44	-6,31	157,31	5,20	84	--	--	1,09	--
26	4,42	100,00	126,50	-4,32	166,33	3,42	101	--	--	1,06	--
27	4,60	100,00	131,56	-1,81	175,59	1,37	121	--	--	1,03	--

### 5.5.2 Combinazione n° 2

Valore della spinta statica	15,0244	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,5726	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-6,4433	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,61	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	36,38	[°]		
Spinta falda	47,1217	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	12,7488	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	60,6943	[kN]		

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	144,4101	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-7,9791	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	144,4101	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	60,6943	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	156,6464	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22,80	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-31,2889	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	464,3513	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	222,17	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 23.18$	$N_q = 12.59$	$N_\gamma = 8.69$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,38$	$i_q = 0,43$	$i_\gamma = 0,29$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,24$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 11.38$	$N'_q = 6.61$	$N'_\gamma = 2.51$
----------------	---------------	--------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.47
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.22

**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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	3,89	0,00	4,72	0,00	4	--	--	11,42	--
3	0,35	100,00	7,78	-0,01	9,37	0,09	8	--	--	6,17	--
4	0,53	100,00	11,68	-0,03	13,95	0,30	11	--	--	4,42	--
5	0,71	100,00	15,57	-0,10	18,44	0,62	15	--	--	3,56	--
6	0,88	100,00	19,46	-0,20	22,86	1,05	18	--	--	3,04	--
7	1,06	100,00	23,35	-0,38	27,19	1,61	21	--	--	2,70	--
8	1,24	100,00	27,25	-0,63	31,43	2,30	23	--	--	2,46	--
9	1,42	100,00	31,14	-0,97	35,59	3,11	25	--	--	2,28	--
10	1,59	100,00	35,03	-1,42	39,70	4,05	27	--	--	2,14	--
11	1,77	100,00	38,92	-1,96	43,99	5,05	27	--	--	2,02	--
12	1,95	100,00	42,82	-2,57	48,48	6,00	27	--	--	1,91	--
13	2,12	100,00	46,71	-3,20	53,18	6,85	28	--	--	1,82	--

14	2,30	100,00	50,60	-3,81	58,09	7,54	28	--	--	1,73	--
15	2,48	100,00	54,49	-4,38	63,20	8,04	28	--	--	1,65	--
16	2,65	100,00	58,38	-4,86	68,52	8,32	29	--	--	1,58	--
17	2,83	100,00	62,28	-5,22	74,04	8,38	31	--	--	1,52	--
18	3,01	100,00	66,17	-5,41	79,78	8,18	34	--	--	1,46	--
19	3,18	100,00	70,06	-5,41	85,72	7,73	38	--	--	1,40	--
20	3,36	100,00	73,95	-5,18	91,86	7,01	43	--	--	1,35	--
21	3,54	100,00	77,85	-4,68	98,22	6,01	50	--	--	1,30	--
22	3,72	100,00	81,74	-3,87	104,78	4,74	59	--	--	1,26	--
23	3,89	100,00	85,63	-2,72	111,54	3,18	69	--	--	1,22	--
24	4,07	100,00	89,52	-1,19	118,52	1,33	82	--	--	1,18	--
25	4,25	100,00	93,42	0,75	125,70	0,80	98	--	--	1,14	--
26	4,42	100,00	97,31	3,15	133,08	3,23	116	--	--	1,11	--
27	4,60	100,00	101,20	6,03	140,67	5,96	137	--	--	1,07	--

### 5.5.3 Combinazione n° 3

Valore della spinta statica	16,5268	[kN]			
Componente orizzontale della spinta statica	14,9299	[kN]			
Componente verticale della spinta statica	-7,0876	[kN]			
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,61	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	36,38	[°]			

Spinta falda	51,8339	[kN]			
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]	
Sottospinta falda	14,0237	[kN]			

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]	

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	66,7638	[kN]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	130,6109	[kN]			
Resistenza passiva a valle del muro	-7,1812	[kN]			
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	113,1734	[kNm]			
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	410,4751	[kNm]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	130,6109	[kN]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	66,7638	[kN]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]			
Risultante in fondazione	146,6854	[kN]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27,07	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-28,2990	[kNm]			

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.63				
--	------	--	--	--	--

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 3

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	--	--	0,00	0,00	--	0,00
2	0,18	100,00	--	--	--	--	--	2,03	0,02	--	134,93
3	0,35	100,00	--	--	--	--	--	4,77	0,07	--	71,39
4	0,53	100,00	--	--	--	--	--	8,20	0,16	--	49,77
5	0,71	100,00	--	--	--	--	--	12,31	0,32	--	38,86
6	0,88	100,00	--	--	--	--	--	17,12	0,53	--	32,26
7	1,06	100,00	--	--	--	--	--	22,60	0,81	--	27,82
8	1,24	100,00	--	--	--	--	--	28,76	1,17	--	24,60
9	1,42	100,00	--	--	--	--	--	35,59	1,61	--	22,15
10	1,59	100,00	--	--	--	--	--	43,09	2,13	--	20,21
11	1,77	100,00	--	--	--	--	--	51,25	2,78	--	18,42
12	1,95	100,00	--	--	--	--	--	60,09	3,62	--	16,61
13	2,12	100,00	--	--	--	--	--	69,59	4,70	--	14,80
14	2,30	100,00	--	--	--	--	--	79,76	6,10	--	13,07
15	2,48	100,00	--	--	--	--	--	90,59	7,88	--	11,50
16	2,65	100,00	--	--	--	--	--	102,08	10,09	--	10,11
17	2,83	100,00	--	--	--	--	--	114,21	12,81	--	8,92
18	3,01	100,00	--	--	--	--	--	127,00	16,09	--	7,89
19	3,18	100,00	--	--	--	--	--	140,44	20,01	--	7,02
20	3,36	100,00	--	--	--	--	--	154,51	24,61	--	6,28
21	3,54	100,00	--	--	--	--	--	169,23	29,97	--	5,65
22	3,72	100,00	--	--	--	--	--	184,57	36,15	--	5,11
23	3,89	100,00	--	--	--	--	--	200,55	43,22	--	4,64
24	4,07	100,00	--	--	--	--	--	217,16	51,22	--	4,24
25	4,25	100,00	--	--	--	--	--	234,39	60,24	--	3,89
26	4,42	100,00	--	--	--	--	--	252,24	70,33	--	3,59
27	4,60	100,00	--	--	--	--	--	270,73	81,55	--	3,32

### 5.5.4 Combinazione n° 4

#### Stabilità globale muro + terreno

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 [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,94 Y[m]= 3,94

Raggio del cerchio  $R[m]= 8,76$   
 Ascissa a valle del cerchio  $X_i[m]= -8,42$   
 Ascissa a monte del cerchio  $X_s[m]= 4,70$   
 Larghezza della striscia  $dx[m]= 0,52$   
 Coefficiente di sicurezza  $C= 1.97$   
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	8,1261	73.88	7,8066	0,0185	30.17	0	0
2	20,6806	63.97	18,5828	0,0117	30.17	0	0
3	28,1951	56.91	23,6228	0,0094	30.17	0	0
4	33,5867	51.04	26,1156	0,0082	30.17	0	1
5	37,6568	45.84	27,0166	0,0074	30.17	0	6
6	40,7738	41.10	26,8048	0,0068	30.17	0	11
7	43,1448	36.68	25,7749	0,0064	30.17	0	16
8	44,7804	32.51	24,0664	0,0061	30.17	0	19
9	41,4229	28.52	19,7784	0,0059	30.17	0	22
10	40,5093	24.68	16,9138	0,0057	30.17	0	4
11	43,4826	20.95	15,5490	0,0055	30.17	0	6
12	42,3130	17.32	12,5948	0,0054	30.17	0	8
13	38,5385	13.75	9,1617	0,0053	29.32	9	9
14	39,6456	10.24	7,0491	0,0052	26.56	40	11
15	35,2682	6.77	4,1574	0,0052	26.56	40	11
16	30,5201	3.32	1,7688	0,0052	26.56	40	12
17	25,4051	-0.11	-0,0500	0,0051	26.56	40	12
18	20,1301	-3.55	-1,2458	0,0052	26.56	40	12
19	18,2451	-7.00	-2,2225	0,0052	26.56	40	11
20	17,4159	-10.47	-3,1651	0,0052	26.56	40	11
21	10,3108	-13.98	-2,4917	0,0053	29.54	7	9
22	8,0699	-17.55	-2,4338	0,0054	30.17	0	8
23	6,2268	-21.19	-2,2512	0,0055	30.17	0	6
24	3,9952	-24.93	-1,6838	0,0057	30.17	0	4
25	1,3407	-28.78	-0,6454	0,0059	30.17	0	1

$\Sigma W_i = 679,7842$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 250,5737$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 379,0245$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.70$

### 5.5.5 Combinazione n° 5

Valore della spinta statica	4,1507	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	3,8750	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-1,4875	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,79	[m]	Y = -2,79	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	40,25	[°]		
Incremento sismico della spinta	1,2710	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -2,79	[m]	Y = -2,79	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	39,56	[°]		
Spinta falda	47,1217	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	12,7488	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	1,4724	[kN]		

Inerzia verticale del muro	-0,7362	[kN]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	54,2109	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	148,1743	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-9,9210	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	148,1743	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	54,2109	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	157,7797	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,10	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-32,1044	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1066,4182	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	227,96	[kPa]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 35.49$	$N_q = 23.18$	$N_\gamma = 20.79$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,45$	$i_q = 0,48$	$i_\gamma = 0,34$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,21$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 21.02$	$N'_q = 13.39$	$N'_\gamma = 7.12$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.09
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.20

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 5**

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	3,89	0,03	5,06	0,79	4	--	--	10,65	--
3	0,35	100,00	7,78	0,11	10,02	1,44	8	--	--	5,77	--
4	0,53	100,00	11,68	0,23	14,89	1,93	13	--	--	4,14	--
5	0,71	100,00	15,57	0,35	19,64	2,28	18	--	--	3,34	--
6	0,88	100,00	19,46	0,48	24,29	2,46	22	--	--	2,86	--
7	1,06	100,00	23,35	0,58	28,82	2,47	27	--	--	2,55	--

8	1,24	100,00	27,25	0,63	33,24	2,32	31	--	--	2,32	--
9	1,42	100,00	31,14	0,62	37,54	1,99	35	--	--	2,16	--
10	1,59	100,00	35,03	0,53	41,76	1,50	38	--	--	2,04	--
11	1,77	100,00	38,92	0,35	46,14	0,91	41	--	--	1,93	--
12	1,95	100,00	42,82	0,13	50,70	0,31	44	--	--	1,83	--
13	2,12	100,00	46,71	-0,10	55,44	0,21	46	--	--	1,74	--
14	2,30	100,00	50,60	-0,31	60,37	0,61	49	--	--	1,67	--
15	2,48	100,00	54,49	-0,47	65,49	0,86	52	--	--	1,60	--
16	2,65	100,00	58,38	-0,55	70,79	0,94	55	--	--	1,53	--
17	2,83	100,00	62,28	-0,51	76,27	0,81	59	--	--	1,47	--
18	3,01	100,00	66,17	-0,32	81,93	0,48	64	--	--	1,42	--
19	3,18	100,00	70,06	0,06	87,78	0,08	70	--	--	1,37	--
20	3,36	100,00	73,95	0,65	93,81	0,87	78	--	--	1,32	--
21	3,54	100,00	77,85	1,48	100,03	1,90	87	--	--	1,28	--
22	3,72	100,00	81,74	2,59	106,43	3,17	97	--	--	1,24	--
23	3,89	100,00	85,63	4,02	113,01	4,70	110	--	--	1,20	--
24	4,07	100,00	89,52	5,79	119,78	6,47	124	--	--	1,16	--
25	4,25	100,00	93,42	7,94	126,73	8,50	141	--	--	1,13	--
26	4,42	100,00	97,31	10,50	133,87	10,79	160	--	--	1,10	--
27	4,60	100,00	101,20	13,50	141,18	13,34	182	--	--	1,07	--

### 5.5.6 Combinazione n° 6

Valore della spinta statica	4,1507	[kN]			
Componente orizzontale della spinta statica	3,8750	[kN]			
Componente verticale della spinta statica	-1,4875	[kN]			
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,79	[m]	Y = -2,79	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,00	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	40,25	[°]			
Incremento sismico della spinta	1,3209	[kN]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -2,79	[m]	Y = -2,79	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	39,56	[°]			
Spinta falda	47,1217	[kN]			
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]	
Sottospinta falda	12,7488	[kN]			
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]	
Inerzia del muro	1,4724	[kN]			
Inerzia verticale del muro	0,7362	[kN]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]			
<b><i>Risultanti</i></b>					
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	54,2575	[kN]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	149,6287	[kN]			
Resistenza passiva a valle del muro	-9,9210	[kN]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	149,6287	[kN]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	54,2575	[kN]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]			
Risultante in fondazione	159,1623	[kN]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19,93	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-32,4196	[kNm]			
Carico ultimo della fondazione	1072,5529	[kN]			
<b><i>Tensioni sul terreno</i></b>					
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]			
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]			
Tensione terreno allo spigolo di monte	230,20	[kPa]			



Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 35.49$	$N_q = 23.18$	$N_\gamma = 20.79$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,46$	$i_q = 0,48$	$i_\gamma = 0,35$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,21$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 21.14$	$N'_q = 13.46$	$N'_\gamma = 7.17$
----------------	----------------	--------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.10
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.17

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 6

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	3,89	0,04	5,12	0,92	4	--	--	10,54	--
3	0,35	100,00	7,78	0,13	10,13	1,69	9	--	--	5,70	--
4	0,53	100,00	11,68	0,27	15,05	2,31	13	--	--	4,10	--
5	0,71	100,00	15,57	0,43	19,85	2,77	18	--	--	3,30	--
6	0,88	100,00	19,46	0,60	24,55	3,07	23	--	--	2,83	--
7	1,06	100,00	23,35	0,75	29,13	3,20	28	--	--	2,52	--
8	1,24	100,00	27,25	0,86	33,60	3,16	32	--	--	2,30	--
9	1,42	100,00	31,14	0,92	37,94	2,95	37	--	--	2,14	--
10	1,59	100,00	35,03	0,90	42,21	2,56	40	--	--	2,01	--
11	1,77	100,00	38,92	0,81	46,63	2,08	44	--	--	1,91	--
12	1,95	100,00	42,82	0,68	51,24	1,59	47	--	--	1,81	--
13	2,12	100,00	46,71	0,55	56,02	1,18	50	--	--	1,73	--
14	2,30	100,00	50,60	0,44	60,99	0,87	53	--	--	1,65	--
15	2,48	100,00	54,49	0,39	66,14	0,72	57	--	--	1,58	--
16	2,65	100,00	58,38	0,44	71,48	0,75	61	--	--	1,52	--
17	2,83	100,00	62,28	0,61	77,00	0,97	66	--	--	1,46	--
18	3,01	100,00	66,17	0,93	82,70	1,40	72	--	--	1,40	--
19	3,18	100,00	70,06	1,44	88,58	2,05	79	--	--	1,36	--
20	3,36	100,00	73,95	2,17	94,64	2,93	87	--	--	1,31	--
21	3,54	100,00	77,85	3,15	100,89	4,05	97	--	--	1,27	--
22	3,72	100,00	81,74	4,42	107,32	5,41	108	--	--	1,23	--
23	3,89	100,00	85,63	6,01	113,93	7,02	122	--	--	1,19	--
24	4,07	100,00	89,52	7,94	120,72	8,87	137	--	--	1,16	--
25	4,25	100,00	93,42	10,26	127,70	10,98	155	--	--	1,12	--
26	4,42	100,00	97,31	12,99	134,86	13,35	175	--	--	1,09	--
27	4,60	100,00	101,20	16,17	142,20	15,98	198	--	--	1,06	--

### 5.5.7 Combinazione n° 7

Valore della spinta statica	15,0244	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,5726	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-6,4433	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,61	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	36,38	[°]		
Incremento sismico della spinta	3,4505	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	35,44	[°]		
Spinta falda	47,1217	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	12,7488	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	1,4724	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,7362	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		
<i>Risultanti</i>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	65,8391	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	143,6665	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-7,9791	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	143,6665	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	65,8391	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Risultante in fondazione	158,0343	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,62	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-31,1277	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	419,1065	[kN]		
<i>Tensioni sul terreno</i>				
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	221,03	[kPa]		

#### *Fattori per il calcolo della capacità portante*

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 23.18$	$N_q = 12.59$	$N_\gamma = 8.69$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,34$	$i_q = 0,39$	$i_\gamma = 0,25$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,24$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di			
posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 10.26$	$N'_q = 6.08$	$N'_\gamma = 2.21$

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.36
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.92

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 7

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	3,89	-0,02	4,54	0,41	4	--	--	11,87	--
3	0,35	100,00	7,78	-0,07	9,03	0,90	7	--	--	6,40	--
4	0,53	100,00	11,68	-0,17	13,46	1,46	11	--	--	4,58	--
5	0,71	100,00	15,57	-0,33	17,83	2,11	14	--	--	3,68	--
6	0,88	100,00	19,46	-0,56	22,14	2,85	16	--	--	3,14	--
7	1,06	100,00	23,35	-0,86	26,37	3,70	18	--	--	2,78	--
8	1,24	100,00	27,25	-1,27	30,53	4,65	20	--	--	2,53	--
9	1,42	100,00	31,14	-1,77	34,62	5,70	20	--	--	2,34	--
10	1,59	100,00	35,03	-2,40	38,67	6,86	21	--	--	2,20	--
11	1,77	100,00	38,92	-3,13	42,91	8,05	20	--	--	2,07	--
12	1,95	100,00	42,82	-3,93	47,37	9,19	19	--	--	1,96	--
13	2,12	100,00	46,71	-4,76	52,05	10,19	18	--	--	1,86	--
14	2,30	100,00	50,60	-5,58	56,95	11,02	17	--	--	1,77	--
15	2,48	100,00	54,49	-6,34	62,06	11,64	16	--	--	1,68	--
16	2,65	100,00	58,38	-7,02	67,39	12,03	16	--	--	1,61	--
17	2,83	100,00	62,28	-7,58	72,94	12,17	17	--	--	1,54	--
18	3,01	100,00	66,17	-7,97	78,71	12,04	18	--	--	1,48	--
19	3,18	100,00	70,06	-8,15	84,69	11,64	21	--	--	1,42	--
20	3,36	100,00	73,95	-8,10	90,89	10,95	25	--	--	1,36	--
21	3,54	100,00	77,85	-7,76	97,31	9,97	31	--	--	1,31	--
22	3,72	100,00	81,74	-7,11	103,95	8,70	39	--	--	1,27	--
23	3,89	100,00	85,63	-6,10	110,80	7,12	49	--	--	1,22	--
24	4,07	100,00	89,52	-4,69	117,88	5,24	61	--	--	1,18	--
25	4,25	100,00	93,42	-2,85	125,17	3,05	76	--	--	1,15	--
26	4,42	100,00	97,31	-0,54	132,67	0,55	94	--	--	1,11	--
27	4,60	100,00	101,20	2,29	140,39	2,26	115	--	--	1,08	--

### 5.5.8 Combinazione n° 8

Valore della spinta statica	15,0244	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,5726	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-6,4433	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,61	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	36,38	[°]		
Incremento sismico della spinta	3,2678	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	35,38	[°]		
Spinta falda	47,1217	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	12,7488	[kN]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	1,4724	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,7362	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	65,6740	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	142,2725	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-7,9791	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	142,2725	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	65,6740	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	156,6989	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,78	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-30,8257	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	416,5541	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	218,88	[kPa]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 23.18$	$N_q = 12.59$	$N_\gamma = 8.69$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,34$	$i_q = 0,39$	$i_\gamma = 0,25$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,24$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 10.19$	$N'_q = 6.05$	$N'_\gamma = 2.19$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.35
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.93

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 8**

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	3,89	-0,02	4,49	0,52	4	--	--	12,00	--
3	0,35	100,00	7,78	-0,09	8,93	1,12	7	--	--	6,47	--

4	0,53	100,00	11,68	-0,21	13,32	1,79	10	--	--	4,63	--
5	0,71	100,00	15,57	-0,40	17,64	2,55	13	--	--	3,72	--
6	0,88	100,00	19,46	-0,66	21,90	3,40	15	--	--	3,17	--
7	1,06	100,00	23,35	-1,02	26,08	4,36	17	--	--	2,81	--
8	1,24	100,00	27,25	-1,47	30,20	5,41	18	--	--	2,56	--
9	1,42	100,00	31,14	-2,04	34,25	6,57	19	--	--	2,37	--
10	1,59	100,00	35,03	-2,74	38,26	7,83	19	--	--	2,22	--
11	1,77	100,00	38,92	-3,55	42,46	9,12	18	--	--	2,09	--
12	1,95	100,00	42,82	-4,43	46,87	10,36	16	--	--	1,98	--
13	2,12	100,00	46,71	-5,35	51,51	11,46	15	--	--	1,88	--
14	2,30	100,00	50,60	-6,27	56,37	12,39	13	--	--	1,78	--
15	2,48	100,00	54,49	-7,14	61,44	13,10	12	--	--	1,70	--
16	2,65	100,00	58,38	-7,93	66,74	13,59	11	--	--	1,62	--
17	2,83	100,00	62,28	-8,61	72,25	13,82	11	--	--	1,55	--
18	3,01	100,00	66,17	-9,12	77,98	13,78	11	--	--	1,49	--
19	3,18	100,00	70,06	-9,44	83,93	13,47	13	--	--	1,43	--
20	3,36	100,00	73,95	-9,52	90,10	12,87	17	--	--	1,38	--
21	3,54	100,00	77,85	-9,33	96,49	11,98	22	--	--	1,32	--
22	3,72	100,00	81,74	-8,82	103,09	10,79	29	--	--	1,28	--
23	3,89	100,00	85,63	-7,96	109,92	9,30	38	--	--	1,23	--
24	4,07	100,00	89,52	-6,72	116,96	7,50	49	--	--	1,19	--
25	4,25	100,00	93,42	-5,04	124,23	5,39	63	--	--	1,15	--
26	4,42	100,00	97,31	-2,89	131,71	2,97	80	--	--	1,12	--
27	4,60	100,00	101,20	-0,24	139,40	0,24	100	--	--	1,08	--

### 5.5.9 Combinazione n° 9

Valore della spinta statica	15,0244	[kN]			
Componente orizzontale della spinta statica	13,5726	[kN]			
Componente verticale della spinta statica	-6,4433	[kN]			
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,61	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	36,38	[°]			
Incremento sismico della spinta	3,2678	[kN]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	35,38	[°]			
Spinta falda	47,1217	[kN]			
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]	
Sottospinta falda	12,7488	[kN]			
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]	
Inerzia del muro	1,4724	[kN]			
Inerzia verticale del muro	-0,7362	[kN]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]			
<b>Risultanti</b>					
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	65,6740	[kN]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	142,2725	[kN]			
Resistenza passiva a valle del muro	-7,9791	[kN]			
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	119,4341	[kNm]			
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	442,6428	[kNm]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	142,2725	[kN]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	65,6740	[kN]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]			
Risultante in fondazione	156,6989	[kN]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,78	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-30,8257	[kNm]			

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento

3.71

**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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	--	--	0,00	0,00	--	0,00
2	0,18	100,00	--	--	--	--	--	2,26	0,02	--	107,88
3	0,35	100,00	--	--	--	--	--	5,30	0,09	--	58,23
4	0,53	100,00	--	--	--	--	--	9,11	0,22	--	41,28
5	0,71	100,00	--	--	--	--	--	13,68	0,42	--	32,66
6	0,88	100,00	--	--	--	--	--	19,02	0,69	--	27,42
7	1,06	100,00	--	--	--	--	--	25,12	1,05	--	23,86
8	1,24	100,00	--	--	--	--	--	31,96	1,50	--	21,27
9	1,42	100,00	--	--	--	--	--	39,55	2,05	--	19,28
10	1,59	100,00	--	--	--	--	--	47,89	2,71	--	17,70
11	1,77	100,00	--	--	--	--	--	56,96	3,50	--	16,28
12	1,95	100,00	--	--	--	--	--	66,79	4,49	--	14,88
13	2,12	100,00	--	--	--	--	--	77,35	5,73	--	13,49
14	2,30	100,00	--	--	--	--	--	88,65	7,29	--	12,15
15	2,48	100,00	--	--	--	--	--	100,69	9,22	--	10,92
16	2,65	100,00	--	--	--	--	--	113,45	11,58	--	9,79
17	2,83	100,00	--	--	--	--	--	126,95	14,43	--	8,80
18	3,01	100,00	--	--	--	--	--	141,16	17,83	--	7,92
19	3,18	100,00	--	--	--	--	--	156,09	21,83	--	7,15
20	3,36	100,00	--	--	--	--	--	171,74	26,49	--	6,48
21	3,54	100,00	--	--	--	--	--	188,10	31,87	--	5,90
22	3,72	100,00	--	--	--	--	--	205,16	38,03	--	5,39
23	3,89	100,00	--	--	--	--	--	222,92	45,03	--	4,95
24	4,07	100,00	--	--	--	--	--	241,39	52,93	--	4,56
25	4,25	100,00	--	--	--	--	--	260,54	61,77	--	4,22
26	4,42	100,00	--	--	--	--	--	280,39	71,63	--	3,91
27	4,60	100,00	--	--	--	--	--	300,93	82,56	--	3,64

**5.5.10 Combinazione n° 10**

Valore della spinta statica	15,0244	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13,5726	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-6,4433	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,61	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	36,38	[°]		
Incremento sismico della spinta	3,4505	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -2,73	[m]	Y = -2,73	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	35,44	[°]		

Spinta falda	47,1217	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	12,7488	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	1,4724	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,7362	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,0000	[kN]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	65,8391	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	143,6665	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-7,9791	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	117,9989	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	444,6361	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	143,6665	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	65,8391	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Risultante in fondazione	158,0343	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,62	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-31,1277	[kNm]		

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.77
--	------

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 10**

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	--	--	0,00	0,00	--	0,00
2	0,18	100,00	--	--	--	--	--	2,26	0,02	--	106,98
3	0,35	100,00	--	--	--	--	--	5,30	0,09	--	57,73
4	0,53	100,00	--	--	--	--	--	9,10	0,22	--	40,92
5	0,71	100,00	--	--	--	--	--	13,68	0,42	--	32,37
6	0,88	100,00	--	--	--	--	--	19,01	0,70	--	27,17
7	1,06	100,00	--	--	--	--	--	25,10	1,06	--	23,64
8	1,24	100,00	--	--	--	--	--	31,94	1,52	--	21,07
9	1,42	100,00	--	--	--	--	--	39,53	2,07	--	19,10
10	1,59	100,00	--	--	--	--	--	47,85	2,73	--	17,53
11	1,77	100,00	--	--	--	--	--	56,92	3,53	--	16,13
12	1,95	100,00	--	--	--	--	--	66,73	4,53	--	14,74
13	2,12	100,00	--	--	--	--	--	77,29	5,78	--	13,37
14	2,30	100,00	--	--	--	--	--	88,58	7,35	--	12,05
15	2,48	100,00	--	--	--	--	--	100,60	9,29	--	10,83
16	2,65	100,00	--	--	--	--	--	113,36	11,67	--	9,72
17	2,83	100,00	--	--	--	--	--	126,84	14,53	--	8,73
18	3,01	100,00	--	--	--	--	--	141,03	17,94	--	7,86
19	3,18	100,00	--	--	--	--	--	155,95	21,95	--	7,10

20	3,36	100,00	--	--	--	--	--	171,58	26,63	--	6,44
21	3,54	100,00	--	--	--	--	--	187,92	32,03	--	5,87
22	3,72	100,00	--	--	--	--	--	204,96	38,22	--	5,36
23	3,89	100,00	--	--	--	--	--	222,70	45,24	--	4,92
24	4,07	100,00	--	--	--	--	--	241,14	53,15	--	4,54
25	4,25	100,00	--	--	--	--	--	260,27	62,03	--	4,20
26	4,42	100,00	--	--	--	--	--	280,09	71,91	--	3,89
27	4,60	100,00	--	--	--	--	--	300,61	82,87	--	3,63

### 5.5.11 Combinazione n° 11

#### Stabilità globale muro + terreno

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 [kN]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,94 Y[m]= 3,94

Raggio del cerchio R[m]= 8,76

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,42

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,70

Larghezza della striscia dx[m]= 0,52

Coefficiente di sicurezza C= 1.92

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	8,1261	73.88	7,8066	0,0185	30.17	0	0
2	20,6806	63.97	18,5828	0,0117	30.17	0	0
3	28,1951	56.91	23,6228	0,0094	30.17	0	0
4	33,5867	51.04	26,1156	0,0082	30.17	0	1
5	37,6568	45.84	27,0166	0,0074	30.17	0	6
6	40,7738	41.10	26,8048	0,0068	30.17	0	11
7	43,1448	36.68	25,7749	0,0064	30.17	0	16
8	44,7804	32.51	24,0664	0,0061	30.17	0	19
9	41,4229	28.52	19,7784	0,0059	30.17	0	22
10	40,5093	24.68	16,9138	0,0057	30.17	0	4
11	43,4826	20.95	15,5490	0,0055	30.17	0	6
12	42,3130	17.32	12,5948	0,0054	30.17	0	8
13	38,5385	13.75	9,1617	0,0053	29.32	9	9
14	39,6456	10.24	7,0491	0,0052	26.56	40	11
15	35,2682	6.77	4,1574	0,0052	26.56	40	11
16	30,5201	3.32	1,7688	0,0052	26.56	40	12
17	25,4051	-0.11	-0,0500	0,0051	26.56	40	12
18	20,1301	-3.55	-1,2458	0,0052	26.56	40	12
19	18,2451	-7.00	-2,2225	0,0052	26.56	40	11
20	17,4159	-10.47	-3,1651	0,0052	26.56	40	11
21	10,3108	-13.98	-2,4917	0,0053	29.54	7	9
22	8,0699	-17.55	-2,4338	0,0054	30.17	0	8
23	6,2268	-21.19	-2,2512	0,0055	30.17	0	6
24	3,9952	-24.93	-1,6838	0,0057	30.17	0	4



25	1,3407	-28.78	-0,6454	0,0059	30.17	0	1
----	--------	--------	---------	--------	-------	---	---

$\Sigma W_i = 679,7842$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 250,5737$  [kN]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 379,0245$  [kN]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.70$

## 5.5.12 Combinazione n° 12

### Stabilità globale muro + terreno

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 [kN]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,94 Y[m]= 3,94

Raggio del cerchio R[m]= 8,76

Ascissa a valle del cerchio X<sub>i</sub>[m]= -8,42

Ascissa a monte del cerchio X<sub>s</sub>[m]= 4,70

Larghezza della striscia dx[m]= 0,52

Coefficiente di sicurezza C= 1.92

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	W sin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	8,1261	73.88	7,8066	0,0185	30.17	0	0
2	20,6806	63.97	18,5828	0,0117	30.17	0	0
3	28,1951	56.91	23,6228	0,0094	30.17	0	0
4	33,5867	51.04	26,1156	0,0082	30.17	0	1
5	37,6568	45.84	27,0166	0,0074	30.17	0	6
6	40,7738	41.10	26,8048	0,0068	30.17	0	11
7	43,1448	36.68	25,7749	0,0064	30.17	0	16
8	44,7804	32.51	24,0664	0,0061	30.17	0	19
9	41,4229	28.52	19,7784	0,0059	30.17	0	22
10	40,5093	24.68	16,9138	0,0057	30.17	0	4
11	43,4826	20.95	15,5490	0,0055	30.17	0	6
12	42,3130	17.32	12,5948	0,0054	30.17	0	8
13	38,5385	13.75	9,1617	0,0053	29.32	9	9
14	39,6456	10.24	7,0491	0,0052	26.56	40	11
15	35,2682	6.77	4,1574	0,0052	26.56	40	11
16	30,5201	3.32	1,7688	0,0052	26.56	40	12
17	25,4051	-0.11	-0,0500	0,0051	26.56	40	12
18	20,1301	-3.55	-1,2458	0,0052	26.56	40	12
19	18,2451	-7.00	-2,2225	0,0052	26.56	40	11
20	17,4159	-10.47	-3,1651	0,0052	26.56	40	11
21	10,3108	-13.98	-2,4917	0,0053	29.54	7	9
22	8,0699	-17.55	-2,4338	0,0054	30.17	0	8
23	6,2268	-21.19	-2,2512	0,0055	30.17	0	6
24	3,9952	-24.93	-1,6838	0,0057	30.17	0	4
25	1,3407	-28.78	-0,6454	0,0059	30.17	0	1

$\Sigma W_i = 679,7842$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 250,5737$  [kN]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 379,0245$  [kN]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.70$

### 5.5.13 Combinazione n° 13

Valore della spinta statica	4,1507	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	3,8750	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-1,4875	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,79	[m]	Y = -2,79	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	40,25	[°]		
Spinta falda	47,1217	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	12,7488	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	50,9967	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	149,3659	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-9,9210	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	149,3659	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	50,9967	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	157,8317	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,85	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-32,3626	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1129,0575	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	229,79	[kPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 35.49$	$N_q = 23.18$	$N_\gamma = 20.79$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,48$	$i_q = 0,50$	$i_\gamma = 0,37$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,21$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 22.24$	$N'_q = 14.10$	$N'_\gamma = 7.69$

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.23
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.56

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 13

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	3,89	0,04	5,20	1,12	4	--	--	10,36	--
3	0,35	100,00	7,78	0,16	10,29	2,07	9	--	--	5,61	--
4	0,53	100,00	11,68	0,33	15,27	2,86	14	--	--	4,04	--
5	0,71	100,00	15,57	0,54	20,14	3,47	19	--	--	3,26	--
6	0,88	100,00	19,46	0,76	24,88	3,91	24	--	--	2,79	--
7	1,06	100,00	23,35	0,97	29,50	4,16	29	--	--	2,49	--
8	1,24	100,00	27,25	1,15	33,99	4,23	34	--	--	2,27	--
9	1,42	100,00	31,14	1,28	38,37	4,12	39	--	--	2,11	--
10	1,59	100,00	35,03	1,34	42,66	3,83	43	--	--	1,99	--
11	1,77	100,00	38,92	1,33	47,09	3,42	47	--	--	1,89	--
12	1,95	100,00	42,82	1,28	51,70	3,00	51	--	--	1,80	--
13	2,12	100,00	46,71	1,23	56,49	2,64	54	--	--	1,71	--
14	2,30	100,00	50,60	1,21	61,45	2,39	58	--	--	1,64	--
15	2,48	100,00	54,49	1,24	66,60	2,28	62	--	--	1,57	--
16	2,65	100,00	58,38	1,36	71,92	2,34	67	--	--	1,51	--
17	2,83	100,00	62,28	1,61	77,41	2,58	72	--	--	1,45	--
18	3,01	100,00	66,17	2,00	83,09	3,02	78	--	--	1,40	--
19	3,18	100,00	70,06	2,58	88,94	3,68	86	--	--	1,35	--
20	3,36	100,00	73,95	3,37	94,97	4,56	94	--	--	1,31	--
21	3,54	100,00	77,85	4,41	101,18	5,67	104	--	--	1,26	--
22	3,72	100,00	81,74	5,73	107,56	7,01	116	--	--	1,22	--
23	3,89	100,00	85,63	7,35	114,12	8,59	130	--	--	1,19	--
24	4,07	100,00	89,52	9,32	120,86	10,41	145	--	--	1,15	--
25	4,25	100,00	93,42	11,65	127,78	12,47	163	--	--	1,12	--
26	4,42	100,00	97,31	14,39	134,87	14,79	184	--	--	1,09	--
27	4,60	100,00	101,20	17,56	142,14	17,36	207	--	--	1,06	--

### 5.5.14 Combinazione n° 14

Valore della spinta statica	4,1507	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	3,8750	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-1,4875	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,79	[m]	Y = -2,79	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	40,25	[°]		
Spinta falda	47,1217	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	12,7488	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	50,9967	[kN]		

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	149,3659	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-9,9210	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	149,3659	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	50,9967	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	157,8317	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,85	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-32,3626	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1129,0575	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	229,79	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 35.49$	$N_q = 23.18$	$N_\gamma = 20.79$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,48$	$i_q = 0,50$	$i_\gamma = 0,37$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,21$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 22.24$	$N'_q = 14.10$	$N'_\gamma = 7.69$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.23
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.56

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 14

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	3,89	0,04	5,20	1,12	4	--	--	10,36	--
3	0,35	100,00	7,78	0,16	10,29	2,07	9	--	--	5,61	--
4	0,53	100,00	11,68	0,33	15,27	2,86	14	--	--	4,04	--
5	0,71	100,00	15,57	0,54	20,14	3,47	19	--	--	3,26	--
6	0,88	100,00	19,46	0,76	24,88	3,91	24	--	--	2,79	--
7	1,06	100,00	23,35	0,97	29,50	4,16	29	--	--	2,49	--
8	1,24	100,00	27,25	1,15	33,99	4,23	34	--	--	2,27	--
9	1,42	100,00	31,14	1,28	38,37	4,12	39	--	--	2,11	--
10	1,59	100,00	35,03	1,34	42,66	3,83	43	--	--	1,99	--
11	1,77	100,00	38,92	1,33	47,09	3,42	47	--	--	1,89	--
12	1,95	100,00	42,82	1,28	51,70	3,00	51	--	--	1,80	--
13	2,12	100,00	46,71	1,23	56,49	2,64	54	--	--	1,71	--

14	2,30	100,00	50,60	1,21	61,45	2,39	58	--	--	1,64	--
15	2,48	100,00	54,49	1,24	66,60	2,28	62	--	--	1,57	--
16	2,65	100,00	58,38	1,36	71,92	2,34	67	--	--	1,51	--
17	2,83	100,00	62,28	1,61	77,41	2,58	72	--	--	1,45	--
18	3,01	100,00	66,17	2,00	83,09	3,02	78	--	--	1,40	--
19	3,18	100,00	70,06	2,58	88,94	3,68	86	--	--	1,35	--
20	3,36	100,00	73,95	3,37	94,97	4,56	94	--	--	1,31	--
21	3,54	100,00	77,85	4,41	101,18	5,67	104	--	--	1,26	--
22	3,72	100,00	81,74	5,73	107,56	7,01	116	--	--	1,22	--
23	3,89	100,00	85,63	7,35	114,12	8,59	130	--	--	1,19	--
24	4,07	100,00	89,52	9,32	120,86	10,41	145	--	--	1,15	--
25	4,25	100,00	93,42	11,65	127,78	12,47	163	--	--	1,12	--
26	4,42	100,00	97,31	14,39	134,87	14,79	184	--	--	1,09	--
27	4,60	100,00	101,20	17,56	142,14	17,36	207	--	--	1,06	--

### 5.5.15 Combinazione n° 15

Valore della spinta statica	4,1507	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	3,8750	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	-1,4875	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -2,79	[m]	Y = -2,79	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	40,25	[°]		

Spinta falda	47,1217	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -4,60	[m]	Y = -3,57	[m]
Sottospinta falda	12,7488	[kN]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	50,9967	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	149,3659	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-9,9210	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	149,3659	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	50,9967	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,22	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Risultante in fondazione	157,8317	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,85	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-32,3626	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	1129,0575	[kN]		

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	229,79	[kPa]		

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 35.49$	$N_q = 23.18$	$N_\gamma = 20.79$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,48$	$i_q = 0,50$	$i_\gamma = 0,37$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,31$	$d_q = 1,21$	$d_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione piano posa</b>	$b_c = 1,00$	$b_q = 1,00$	$b_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione pendio</b>	$g_c = 1,00$	$g_q = 1,00$	$g_\gamma = 1,00$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 22.24$	$N'_q = 14.10$	$N'_\gamma = 7.69$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.23
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.56

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 15**

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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	--	--	0,00	--
2	0,18	100,00	3,89	0,04	5,20	1,12	4	--	--	10,36	--
3	0,35	100,00	7,78	0,16	10,29	2,07	9	--	--	5,61	--
4	0,53	100,00	11,68	0,33	15,27	2,86	14	--	--	4,04	--
5	0,71	100,00	15,57	0,54	20,14	3,47	19	--	--	3,26	--
6	0,88	100,00	19,46	0,76	24,88	3,91	24	--	--	2,79	--
7	1,06	100,00	23,35	0,97	29,50	4,16	29	--	--	2,49	--
8	1,24	100,00	27,25	1,15	33,99	4,23	34	--	--	2,27	--
9	1,42	100,00	31,14	1,28	38,37	4,12	39	--	--	2,11	--
10	1,59	100,00	35,03	1,34	42,66	3,83	43	--	--	1,99	--
11	1,77	100,00	38,92	1,33	47,09	3,42	47	--	--	1,89	--
12	1,95	100,00	42,82	1,28	51,70	3,00	51	--	--	1,80	--
13	2,12	100,00	46,71	1,23	56,49	2,64	54	--	--	1,71	--
14	2,30	100,00	50,60	1,21	61,45	2,39	58	--	--	1,64	--
15	2,48	100,00	54,49	1,24	66,60	2,28	62	--	--	1,57	--
16	2,65	100,00	58,38	1,36	71,92	2,34	67	--	--	1,51	--
17	2,83	100,00	62,28	1,61	77,41	2,58	72	--	--	1,45	--
18	3,01	100,00	66,17	2,00	83,09	3,02	78	--	--	1,40	--
19	3,18	100,00	70,06	2,58	88,94	3,68	86	--	--	1,35	--
20	3,36	100,00	73,95	3,37	94,97	4,56	94	--	--	1,31	--
21	3,54	100,00	77,85	4,41	101,18	5,67	104	--	--	1,26	--
22	3,72	100,00	81,74	5,73	107,56	7,01	116	--	--	1,22	--
23	3,89	100,00	85,63	7,35	114,12	8,59	130	--	--	1,19	--
24	4,07	100,00	89,52	9,32	120,86	10,41	145	--	--	1,15	--
25	4,25	100,00	93,42	11,65	127,78	12,47	163	--	--	1,12	--
26	4,42	100,00	97,31	14,39	134,87	14,79	184	--	--	1,09	--
27	4,60	100,00	101,20	17,56	142,14	17,36	207	--	--	1,06	--

**5.5.16 Involuppo 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 [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
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	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,18	100,00	3,89	5,06	-0,02	0,04	4,49	6,24
3	0,35	100,00	7,78	10,12	-0,09	0,13	8,93	12,35
4	0,53	100,00	11,68	15,18	-0,21	0,27	13,32	18,33
5	0,71	100,00	15,57	20,24	-0,40	0,43	17,64	24,17
6	0,88	100,00	19,46	25,30	-0,66	0,60	21,90	29,86
7	1,06	100,00	23,35	30,36	-1,02	0,75	26,08	35,41
8	1,24	100,00	27,25	35,42	-1,47	0,86	30,20	40,82
9	1,42	100,00	31,14	40,48	-2,04	0,92	34,25	46,07
10	1,59	100,00	35,03	45,54	-2,74	0,90	38,26	51,23
11	1,77	100,00	38,92	50,60	-3,55	0,81	42,46	56,60
12	1,95	100,00	42,82	55,66	-4,43	0,68	46,87	62,20
13	2,12	100,00	46,71	60,72	-5,35	0,55	51,51	68,05
14	2,30	100,00	50,60	65,78	-6,27	0,44	56,37	74,15
15	2,48	100,00	54,49	70,84	-7,14	0,39	61,44	80,49
16	2,65	100,00	58,38	75,90	-7,93	0,44	66,74	87,07
17	2,83	100,00	62,28	80,96	-8,61	0,61	72,25	93,90
18	3,01	100,00	66,17	86,02	-9,12	0,93	77,98	100,97
19	3,18	100,00	70,06	91,08	-9,50	1,44	83,93	108,29
20	3,36	100,00	73,95	96,14	-9,79	2,17	90,10	115,85
21	3,54	100,00	77,85	101,20	-9,81	3,15	96,49	123,65
22	3,72	100,00	81,74	106,26	-9,51	4,42	103,09	131,70
23	3,89	100,00	85,63	111,32	-8,86	6,01	109,92	139,99
24	4,07	100,00	89,52	116,38	-7,81	7,94	116,96	148,53
25	4,25	100,00	93,42	121,44	-6,31	10,26	124,23	157,31
26	4,42	100,00	97,31	126,50	-4,32	12,99	131,71	166,33
27	4,60	100,00	101,20	131,56	-1,81	16,17	139,40	175,59

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
28	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,18	100,00	3,89	3,89	0,04	0,04	5,20	5,20
30	0,35	100,00	7,78	7,78	0,16	0,16	10,29	10,29
31	0,53	100,00	11,68	11,68	0,33	0,33	15,27	15,27
32	0,71	100,00	15,57	15,57	0,54	0,54	20,14	20,14
33	0,88	100,00	19,46	19,46	0,76	0,76	24,88	24,88
34	1,06	100,00	23,35	23,35	0,97	0,97	29,50	29,50
35	1,24	100,00	27,25	27,25	1,15	1,15	33,99	33,99
36	1,42	100,00	31,14	31,14	1,28	1,28	38,37	38,37
37	1,59	100,00	35,03	35,03	1,34	1,34	42,66	42,66
38	1,77	100,00	38,92	38,92	1,33	1,33	47,09	47,09
39	1,95	100,00	42,82	42,82	1,28	1,28	51,70	51,70
40	2,12	100,00	46,71	46,71	1,23	1,23	56,49	56,49
41	2,30	100,00	50,60	50,60	1,21	1,21	61,45	61,45
42	2,48	100,00	54,49	54,49	1,24	1,24	66,60	66,60
43	2,65	100,00	58,38	58,38	1,36	1,36	71,92	71,92
44	2,83	100,00	62,28	62,28	1,61	1,61	77,41	77,41
45	3,01	100,00	66,17	66,17	2,00	2,00	83,09	83,09
46	3,18	100,00	70,06	70,06	2,58	2,58	88,94	88,94
47	3,36	100,00	73,95	73,95	3,37	3,37	94,97	94,97
48	3,54	100,00	77,85	77,85	4,41	4,41	101,18	101,18
49	3,72	100,00	81,74	81,74	5,73	5,73	107,56	107,56
50	3,89	100,00	85,63	85,63	7,35	7,35	114,12	114,12
51	4,07	100,00	89,52	89,52	9,32	9,32	120,86	120,86
52	4,25	100,00	93,42	93,42	11,65	11,65	127,78	127,78
53	4,42	100,00	97,31	97,31	14,39	14,39	134,87	134,87
54	4,60	100,00	101,20	101,20	17,56	17,56	142,14	142,14

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,18	100,00	1,12	5	3,07	0,02	8,82	106,98
3	0,35	100,00	2,07	10	7,21	0,09	4,87	57,73
4	0,53	100,00	2,86	15	12,41	0,22	3,56	40,92
5	0,71	100,00	3,47	20	18,68	0,42	2,91	32,37
6	0,88	100,00	3,91	24	26,02	0,70	2,52	27,17
7	1,06	100,00	4,36	29	34,42	1,06	2,27	23,64
8	1,24	100,00	5,41	34	43,89	1,52	2,09	21,07
9	1,42	100,00	6,57	39	54,42	2,07	1,96	19,10
10	1,59	100,00	7,83	43	66,01	2,73	1,86	17,53
11	1,77	100,00	9,12	47	78,66	3,53	1,78	16,13
12	1,95	100,00	10,36	51	92,38	4,53	1,70	14,74
13	2,12	100,00	11,46	54	107,16	5,78	1,63	13,37
14	2,30	100,00	12,39	58	123,00	7,35	1,56	12,05
15	2,48	100,00	13,10	62	139,91	9,29	1,50	10,83
16	2,65	100,00	13,59	67	157,88	11,67	1,45	9,72
17	2,83	100,00	13,82	72	176,90	14,53	1,39	8,73
18	3,01	100,00	13,78	78	196,98	17,94	1,35	7,86
19	3,18	100,00	13,47	86	218,13	21,95	1,30	7,02
20	3,36	100,00	12,87	94	240,33	26,63	1,26	6,28
21	3,54	100,00	11,98	104	263,58	32,03	1,22	5,65
22	3,72	100,00	10,79	116	287,89	38,22	1,19	5,11
23	3,89	100,00	9,30	130	313,25	45,24	1,15	4,64
24	4,07	100,00	10,41	145	339,67	53,15	1,12	4,24
25	4,25	100,00	12,47	163	367,14	62,03	1,09	3,89
26	4,42	100,00	14,79	184	395,66	71,91	1,06	3,59
27	4,60	100,00	17,36	207	425,23	82,87	1,03	3,32

Inviluppo combinazioni SLE

Nr.	Y	H	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,18	100,00	1,12	5	3,07	0,02	8,82	106,98
3	0,35	100,00	2,07	10	7,21	0,09	4,87	57,73
4	0,53	100,00	2,86	15	12,41	0,22	3,56	40,92
5	0,71	100,00	3,47	20	18,68	0,42	2,91	32,37
6	0,88	100,00	3,91	24	26,02	0,70	2,52	27,17
7	1,06	100,00	4,36	29	34,42	1,06	2,27	23,64
8	1,24	100,00	5,41	34	43,89	1,52	2,09	21,07
9	1,42	100,00	6,57	39	54,42	2,07	1,96	19,10
10	1,59	100,00	7,83	43	66,01	2,73	1,86	17,53
11	1,77	100,00	9,12	47	78,66	3,53	1,78	16,13
12	1,95	100,00	10,36	51	92,38	4,53	1,70	14,74
13	2,12	100,00	11,46	54	107,16	5,78	1,63	13,37
14	2,30	100,00	12,39	58	123,00	7,35	1,56	12,05
15	2,48	100,00	13,10	62	139,91	9,29	1,50	10,83
16	2,65	100,00	13,59	67	157,88	11,67	1,45	9,72
17	2,83	100,00	13,82	72	176,90	14,53	1,39	8,73
18	3,01	100,00	13,78	78	196,98	17,94	1,35	7,86
19	3,18	100,00	13,47	86	218,13	21,95	1,30	7,02
20	3,36	100,00	12,87	94	240,33	26,63	1,26	6,28
21	3,54	100,00	11,98	104	263,58	32,03	1,22	5,65
22	3,72	100,00	10,79	116	287,89	38,22	1,19	5,11
23	3,89	100,00	9,30	130	313,25	45,24	1,15	4,64
24	4,07	100,00	10,41	145	339,67	53,15	1,12	4,24
25	4,25	100,00	12,47	163	367,14	62,03	1,09	3,89
26	4,42	100,00	14,79	184	395,66	71,91	1,06	3,59
27	4,60	100,00	17,36	207	425,23	82,87	1,03	3,32