



COMUNE DI SANTA MARIA A MONTE  
Provincia di Pisa

**CONSOLIDAMENTO DI UN TRATTO DI  
VERSANTE A MONTE DELLA VIA REPUBBLICA  
A MONTECALVOLI ALTO**

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Data

Luglio 2016

RELAZIONE DI CALCOLO

Tav.

16 - 01 - DE - S04 -  
Rel. calcolo



Responsabile del Procedimento  
Progettista e D.L.

Ing. Maurizio Iannotta

Servizio LL.PP.  
Settore 3 Politiche del Territorio e LL.PP.  
Comune di Santa Maria a Monte

Progettista geologo e collaboratore

Geol. Alessandra Giannetti

Servizio LL.PP.  
Settore 3 Politiche del Territorio e LL.PP.  
Comune di Santa Maria a Monte

Progetto: Muro di sostegno realizzato da elementi in CLS prefabbricato alleggeriti da n. 3 fori trasversali ciascuno  
Comune: Santa Maria a Monte  
Progettista: Ing. Iannotta Maurizio  
Direttore dei Lavori: Ing. Iannotta Maurizio

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
- Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
- Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## PREMESSA

I calcoli seguenti riguardano la realizzazione di un muro a gravità realizzato mediante blocchi in CLS prefabbricati disposti su due file, posti al piede di un versante rivestito con geocomposito costituito da una rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale pre-accoppiata in fase di produzione con una biorete tessuta biodegradabile 100% naturale in cocco.

In particolare trattasi di blocchi modulari per la realizzazione di opere di sostegno, realizzati in calcestruzzo con resistenza di classe >C25/30 con finitura superficiale liscia, colore grigio, leggeri mediante nr. 3 cavità cilindriche cm.  $\varnothing$  28, con vibrazione armonica con sistema di sformatura in continuo e maturazione in celle di stoccaggio. I blocchi hanno le dimensioni di cm. lung.100xlargh.100xalt.100 e il peso di 1.800 kg./cad. e riseghe per l'incastro di cm. 12/13.5x5x97.

Allo stato attuale i blocchi sono impiegati come protezione del piede del versante e furono installati in via provvisoria subito dopo l'evento franoso dell'anno 2014 (vedasi la relazione generale e quella geologica per maggiori dettagli).

Nell'intervento definitivo di stabilizzazione del versante, oltre ad altri interventi per i quali si rimanda alla relazione generale, si ritiene di reimpiegare i blocchi già presenti previo:

- incastro nel terreno per la profondità di 30 cm, in modo da aumentare la resistenza allo scorrimento;
- getto di base di magrone armato in modo da inclinare verso monte il muro di 2°, in questo modo si ha un vantaggio in termini di stabilità al ribaltamento e alla traslazione.

Il calcolo del muro verrà eseguito in condizioni drenate in quanto tutti i meccanismi resistenti, compresa la verifica di stabilità globale opera-terreno, avvengono in terreno prevalentemente a grana grossa.

Il muro, seppure è in grado di espletare una funzione di drenaggio senza particolari accorgimenti in quanto costituito da elementi separati che consentono all'acqua di attraversarlo ed eventualmente correre lungo i fori trasversali, sarà comunque dotato a monte di un tubo drenante e di uno strato di pietre di grossa pezzatura protette da tessuto non tessuto.

In considerazione del fatto che il muro è costituito da blocchi separati l'uno dall'altro, si ritiene opportuno collegarli trasversalmente a gruppi di 10 attraverso un cavo di acciaio.

Per quanto concerne la verifica di stabilità del versante prima e dopo l'intervento in progetto, si rimanda alla apposita relazione di calcolo allegata alla presente.

## Materiali impiegati

Come anticipato per quanto riguarda il muro al piede del versante questo è costituito da blocchi modulari per la realizzazione di opere di sostegno, realizzati in calcestruzzo con resistenza di classe >C25/30 con finitura superficiale liscia, colore grigio, leggeri mediante nr. 3 cavità cilindriche cm.  $\varnothing$  28, con vibrazione armonica con sistema di sformatura in continuo e maturazione in celle di stoccaggio. I blocchi hanno le dimensioni di cm. lung.100xlargh.100xalt.100 e il peso di 1.800 kg./cad. e riseghe per l'incastro di cm. 12/13.5x5x97.

Per quanto concerne invece il sistema preaccoppiato antiersivo geocomposito per la protezione superficiale del versante, si elencano qui sotto le caratteristiche principali.



Il geocomposito è costituito da una rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale pre-accoppiata in fase di produzione con una biorete tessuta biodegradabile 100% naturale in cocco. Il sistema si completa di opere complementari o accessorie quali chiodature, tirantature in funi d'acciaio, picchettature e idrosemina, al fine di realizzare sistemi di protezione antierosiva e rinforzo corticale.

Le tecniche del rivestimento e del rinforzo corticale, vengono utilizzate al fine di impedire o limitare i fenomeni erosivi che portano alla deformazione della coltre superficiale. Esse sono inoltre utili per proteggere le scarpate dai fenomeni di degradazione di origine esogena come vento, pioggia, ruscellamenti, azioni gelo disgelo che, agendo progressivamente nel tempo, tendono a compromettere l'integrità dell'intero ammasso.

Il sistema in questo caso viene impiegato per realizzare un intervento di tipo passivo (impiego di chiodi metallici) che agisce direttamente sulla litologia interessata, realizzando una mitigazione degli effetti erosivi di disaggregazione e degradazione superficiale, allo scopo di ottenere un miglioramento delle caratteristiche di resistenza meccanica dell'ammasso terroso.

La rete metallica a doppia torsione svolge la funzione di opporsi, in funzione delle proprie caratteristiche di resistenza e rigidità, alle tensioni deformative che si sviluppano nella zona corticale dell'ammasso terroso. Tramite i sistemi di rinforzo corticale le tensioni assorbite dalla rete vengono trasmesse, attraverso i chiodi, alla porzione più profonda dell'ammasso, avente migliori caratteristiche geotecniche.

La rete metallica da sola non offre però la necessaria protezione rispetto all'erosione della frazione medio-fine del terreno; a ciò risulta funzionale l'impiego contestuale della biorete in cocco.

Le specifiche caratteristiche della biorete in cocco in termini di grammatura, apertura della maglia e materiali, sono stati scelti in quanto:

- offrono la giusta copertura per consentire la ritenzione delle parti fini dei terreni;
- garantiscono un'adeguata insolazione alle essenze idroseminate permettendone la germinazione (anche al di sotto delle reti);
- permettono buona ritenzione e rilascio idrico;



- sono un ideale supporto a protezione e ritenzione dell'idrosemina.

#### CARATTERISTICHE TECNICHE

La rete metallica utilizzata per il sistema è realizzata in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI EN 10223-3).

Il filo utilizzato nella produzione della rete metallica a doppia torsione è in acciaio dolce trafilato a freddo con rivestimento in bagno galvanico a caldo in lega di Zinco e Alluminio.

Le specifiche standard e le tolleranze di filo, maglia, rete e le dimensioni dei rotoli sono indicate nelle Tabelle di seguito riportate.

#### FILO

- Resistenza a trazione: i fili utilizzati per la produzione delle reti e del filo di legatura dovranno avere una resistenza a trazione compresa tra 350-550 N/mm<sup>2</sup> (UNI EN 10223-3 e Linee Guida Cons. Sup. LLPP Settembre 2013)
- Allungamento: L'allungamento non deve essere inferiore al 10%, in conformità alle UNI EN 12223-3. I test devono essere effettuati su di un campione di almeno 25 cm di lunghezza
- Rivestimento galvanico a caldo ZN.AL5%: Le quantità minime di lega ZN.AL riportate nella Tabella 3 soddisfano le disposizioni delle UNI EN 10244-2
- Adesione del rivestimento galvanico: secondo UNI EN 10244-2

1. Tabella delle Tipologie e caratteristiche della gamma del Sistema R.E.C.S.*			
Tutte le misure e le dimensioni sono nominali (Tolleranze: $\pm 5\%$ ); la lunghezza del rotolo di Geocomposito è sempre L=2,00m			
Tipologia R.E.C.S.*	Tipologia materiale antiersivo	Peso materiale antiersivo (gr/mq)	Peso nominale del geocomposito (gr/mq)
R.E.C.S.® Cocco 700gr	Cocco	700	2100
R.E.C.S.® MET	Rete metallica zincata a tripla torsione	300	1700
R.E.C.S.® GS	Geotessile tessuto in PET ad alta resistenza	150	1550
R.E.C.S.® GSFT	Geotessile tessuto in PET ad alta resistenza	200	1600
2. Tabella combinazioni standard della Maglia - Filo della rete metallica			
Maglia tipo	D (mm)	Tolleranza	Diametro filo (mm)
8 x 10	80	0mm a +10mm	2,70
8 x 10	80	0mm a +10mm	2,70
3. Tabella tipologie standard diametri dei fili della rete metallica			
	Filo maglia (mm)	Filo bordatura (mm)	Filo legatura (mm)
Tolleranza filo ( $\pm$ ) $\phi$ mm.	0,06	0,07	0,06
Quantità minima di rivestimento galvanico(gr/m2)	245	265	230
4. Tabella dei piani di carico del Geocomposito R.E.C.S.® - Dimensioni Rotoli 2x50m			
Tipologia R.E.C.S.*	Dimensioni rotolo (m)	motrice (6,50m)	bilico centinato (13,60m)
R.E.C.S.® Cocco 700gr	2 x 50	2500mq	5500mq
R.E.C.S.® MET	2 x 50	3800mq	8800mq
R.E.C.S.® GS	2 x 50	4000mq	9000mq
R.E.C.S.® GSFT	2 x 50	3800mq	8800mq

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i 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 e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  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

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

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

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

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

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e

verificare che il rapporto  $M_S/M_T$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .  
Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_S}{M_T} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_T$  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.

## 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  $\eta_s \geq 1.0$

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

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

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

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.

## 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  $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione

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

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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

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

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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

#### Fattori di profondità

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

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

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

#### Fattori di inclinazione

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

$$i_c = i_q = (1 - \theta/90)^2$$

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

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

### Verifica alla stabilità globale

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

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:

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

dove il termine  $m$  è espresso da

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

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 finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Normativa

### N.T.C. 2008 - Approccio 1

#### Simbologia adottata

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

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	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:

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

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
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:

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

#### FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

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

Stabilità globale

1,10

## Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a gravità in pietrame
Altezza del paramento	2,00 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,00 [m]
Inclinazione paramento esterno	2,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-2,00 [°]
Lunghezza del muro	1,00 [m]
Spessore rivestimento	0,10 [m]
Peso sp. rivestimento	2000,00 [kg/mc]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,10 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,10 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	2,00 [°]
Spessore fondazione	0,15 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	1800,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]

## 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	5,00	2,00	21,80

## 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	0,30	[m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Terreno vegetale	1800	1800	0.00	0.00	0,300	0,000
Unità Lit. A	1860	1860	29.70	19.80	0,040	0,000
Unità Lit. B	1900	1900	0.00	0.00	0,500	0,000
Unità Lit. C	2200	2200	42.00	28.00	0,000	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
$K_w$	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$K_s$	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	$K_w$	$K_s$	Terreno
-----	---	---	-------	-------	---------

---

1	3,50	0,00	2,30	0,00	Unità Lit. A
2	1,25	0,00	0,00	0,00	Unità Lit. B
3	1,20	0,00	0,00	0,00	Unità Lit. A
4	5,00	0,00	0,00	0,00	Unità Lit. C

## 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	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 2 - Caso 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
<u>Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
<u>Combinazione n° 15 - Rara (SLE)</u>				
	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1.00	1,00

## Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza      metodo di Meyerhof

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

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

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

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

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b><math>cs_{sco}</math></b>	<b><math>cs_{rib}</math></b>	<b><math>cs_{qlim}</math></b>	<b><math>cs_{stab}</math></b>
1	A1-M1 - [1]	--	2,01	--	6,23	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,50	--	2,92	--
3	EQU - [1]	--	--	3,95	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,71
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,48	--	7,09	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,40	--	6,79	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,15	--	2,22	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,17	--	2,33	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,59	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,71	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,59
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,61
13	SLEQ - [1]	--	3,60	--	8,62	--
14	SLEF - [1]	--	3,60	--	8,62	--
15	SLER - [1]	--	3,60	--	8,62	--

## Analisi della spinta e verifiche

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

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

### Sisma

#### **Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo $a_g$	1.20 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g / g * \beta_m * St * S) = 3.51$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 1.76$

#### **Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo $a_g$	0.00 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
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)	$k_h = (a_g / g * \beta_m * St * S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)

50,0

Lunghezza del muro

1,00 [m]

Peso muro

3955,06 [kg]

Baricentro del muro

X=-0,54 Y=-1,10

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,03	Y = -2,19
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,03	Y = 0,01
Altezza della superficie di spinta	2,20	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00	[°]

### COMBINAZIONE n° 1

#### **Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1284,73	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1208,78	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	435,19	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,66	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,80	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55,18	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1208,78	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4974,59	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-274,78	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	5013,74	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1034,43	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,05	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	5119,34	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,66	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	260,83	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	31218,99	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,5267	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3092	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29.43$	$N_q = 17.79$	$N_\gamma = 14.89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,76$	$i_q = 0,76$	$i_\gamma = 0,37$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,13$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,06$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.	$N'_c = 25.16$	$N'_q = 14.34$	$N'_\gamma = 5.85$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.01
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.23

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	0	0,18	0,02	92	0	99,90	99,90
3	0,20	100,00	366	-1	0	0,36	0,04	184	0	99,90	99,90
4	0,31	100,00	549	-3	0	0,53	0,05	278	0	99,90	99,90
5	0,41	100,00	733	-5	0	0,71	0,07	371	0	99,90	99,90
6	0,51	100,00	916	-8	0	0,89	0,09	466	0	99,90	99,90
7	0,61	100,00	1099	-12	0	1,07	0,10	561	0	4001,22	99,90
8	0,71	100,00	1282	-16	4	1,23	0,12	658	0	308,13	3741,89
9	0,81	100,00	1465	-20	16	1,35	0,13	759	1	92,20	676,63
10	0,92	100,00	1648	-23	37	1,38	0,15	863	4	45,05	232,27
11	1,02	100,00	1831	-24	66	1,30	0,17	970	9	27,58	109,32
12	1,12	100,00	2015	-22	105	1,09	0,19	1082	18	19,10	61,67
13	1,22	100,00	2198	-16	154	0,74	0,21	1197	31	14,28	39,04
14	1,32	100,00	2381	-6	212	0,25	0,23	1316	49	11,24	26,76
15	1,42	100,00	2564	10	279	0,40	0,26	1439	74	9,19	19,43
16	1,53	100,00	2747	33	356	1,20	0,29	1566	106	7,72	14,73
17	1,63	100,00	2930	63	443	2,16	0,33	1697	147	6,62	11,56
18	1,73	100,00	3113	102	539	3,29	0,37	1832	197	5,78	9,31
19	1,83	100,00	3297	151	645	4,58	0,42	1971	257	5,11	7,68
20	1,93	100,00	3480	210	760	6,05	0,47	2114	328	4,58	6,44
21	2,03	100,00	3663	281	884	7,68	0,54	2261	412	4,14	5,49

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	1326,62	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1274,80	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	367,16	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,07	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50,79	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1274,80	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4906,56	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-224,31	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4948,06	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1102,78	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	5069,46	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,56	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	346,19	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	14465,52	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,5569	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2681	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29.43$	$N_q = 17.79$	$N_\gamma = 14.89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.74$	$i_q = 0.74$	$i_\gamma = 0.24$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.12$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.06$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.	$N'_c = 25.16$	$N'_q = 14.34$	$N'_\gamma = 5.85$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.50
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.92

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	0	0,18	0,02	92	0	99,90	99,90
3	0,20	100,00	366	-1	0	0,36	0,04	184	0	99,90	99,90
4	0,31	100,00	549	-3	0	0,53	0,05	278	0	99,90	99,90
5	0,41	100,00	733	-5	0	0,71	0,07	371	0	99,90	99,90
6	0,51	100,00	916	-8	0	0,89	0,09	466	0	36600,78	99,90
7	0,61	100,00	1099	-12	1	1,06	0,10	561	0	879,84	13569,23
8	0,71	100,00	1282	-16	8	1,21	0,12	659	0	162,91	1497,23
9	0,81	100,00	1465	-19	23	1,29	0,14	759	2	63,43	391,54
10	0,92	100,00	1648	-21	47	1,27	0,15	863	5	34,78	158,37
11	1,02	100,00	1831	-21	81	1,13	0,17	969	12	22,63	81,46
12	1,12	100,00	2015	-17	124	0,86	0,19	1079	22	16,26	48,51
13	1,22	100,00	2198	-10	176	0,43	0,21	1192	37	12,46	31,83
14	1,32	100,00	2381	3	239	0,14	0,24	1308	58	9,98	22,37
15	1,42	100,00	2564	22	311	0,87	0,27	1427	86	8,26	16,53
16	1,53	100,00	2747	49	392	1,77	0,30	1549	122	7,00	12,70
17	1,63	100,00	2930	83	484	2,83	0,34	1675	166	6,05	10,06
18	1,73	100,00	3113	127	586	4,07	0,39	1805	221	5,31	8,17
19	1,83	100,00	3297	180	698	5,47	0,44	1937	286	4,72	6,77
20	1,93	100,00	3480	245	820	7,05	0,50	2074	363	4,24	5,71
21	2,03	100,00	3663	323	950	8,81	0,56	2213	453	3,85	4,88

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	1561,86	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1500,85	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	432,27	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,63	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,07	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50,04	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	219,91	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1500,85	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4551,73	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-201,88	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	773,01	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3056,56	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4601,34	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1341,08	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	4792,79	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,25	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	476,12	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.95
--	------

## Stabilità globale muro + terreno

## Combinazione n° 4

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	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 [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

## Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

## Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,91 Y[m]= 1,63

Raggio del cerchio R[m]= 3,93

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,02

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,01

Larghezza della striscia dx[m]= 0,24

Coefficiente di sicurezza C= 1.71

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	195.52	76.02	189.73	1.00	24.53	0.032	0.000
2	485.58	65.05	440.25	0.57	24.53	0.032	0.000
3	643.67	57.60	543.48	0.45	24.53	0.032	0.000
4	753.56	51.50	589.76	0.39	24.53	0.032	0.000
5	834.53	46.14	601.78	0.35	24.53	0.032	0.000
6	894.99	41.27	590.38	0.32	24.53	0.032	0.000
7	939.54	36.74	562.08	0.30	24.53	0.032	0.000
8	971.05	32.47	521.33	0.29	24.53	0.032	0.000
9	991.42	28.39	471.44	0.27	24.53	0.032	0.000
10	1001.99	24.47	415.00	0.26	24.53	0.032	0.000
11	1003.73	20.66	354.16	0.26	24.53	0.032	0.000
12	997.34	16.95	290.74	0.25	24.53	0.032	0.000
13	976.98	13.31	224.89	0.25	24.53	0.032	0.000
14	974.21	9.72	164.51	0.24	24.53	0.032	0.000
15	989.44	6.17	106.41	0.24	24.53	0.032	0.000
16	997.91	2.65	46.13	0.24	24.53	0.032	0.000
17	825.98	-0.86	-12.46	0.24	24.53	0.032	0.000
18	262.87	-4.38	-20.08	0.24	24.53	0.032	0.000
19	251.96	-7.92	-34.70	0.24	24.53	0.032	0.000
20	233.47	-11.48	-46.47	0.25	24.53	0.032	0.000
21	207.91	-15.09	-54.13	0.25	24.53	0.032	0.000
22	174.97	-18.77	-56.29	0.25	24.53	0.032	0.000
23	134.20	-22.52	-51.40	0.26	24.53	0.032	0.000
24	84.98	-26.38	-37.76	0.27	24.53	0.032	0.000
25	26.48	-30.38	-13.39	0.28	24.53	0.032	0.000

 $\Sigma W_i = 15854,30$  [kg] $\Sigma W_i \sin\alpha_i = 5785,38$  [kg] $\Sigma W_i \tan\phi_i = 7234,51$  [kg] $\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i = 5.48$ 

## COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	771,59	[kg]	
Componente orizzontale della spinta statica	725,97	[kg]	
Componente verticale della spinta statica	261,37	[kg]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,71 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,80	[°]	

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	56,87	[°]		
Incremento sismico della spinta	93,19	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,71	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,12	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]
Inerzia del muro	138,99	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-69,49	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8,59	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-4,29	[kg]		
<i>Risultanti</i>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	973,17	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4758,55	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-274,78	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4789,61	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	806,51	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,06	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Risultante in fondazione	4857,04	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,56	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	272,88	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	33976,65	[kg]		
<i>Tensioni sul terreno</i>				
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,5131	[kg/cmq]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2855	[kg/cmq]		

*Fattori per il calcolo della capacità portante*

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29.43$	$N_q = 17.79$	$N_\gamma = 14.89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,80$	$i_q = 0,80$	$i_\gamma = 0,46$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,13$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,06$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 25.16$	$N'_q = 14.34$	$N'_\gamma = 5.85$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.48
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.09

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	6	0,00	0,02	92	0	28,46	280,68
3	0,20	100,00	366	0	13	0,00	0,04	184	1	28,46	140,84
4	0,31	100,00	549	0	19	0,00	0,05	278	3	28,46	94,23
5	0,41	100,00	733	0	26	0,00	0,07	371	5	28,46	70,92
6	0,51	100,00	916	0	32	0,00	0,09	466	8	28,46	56,93
7	0,61	100,00	1099	0	39	0,00	0,11	561	12	28,46	47,61
8	0,71	100,00	1282	0	45	0,00	0,13	657	16	28,46	40,95
9	0,81	100,00	1465	0	52	0,01	0,15	754	21	28,14	35,94
10	0,92	100,00	1648	0	63	0,02	0,17	852	27	26,25	31,84
11	1,02	100,00	1831	1	81	0,07	0,18	954	34	22,73	28,06
12	1,12	100,00	2015	4	106	0,20	0,20	1058	43	18,97	24,38
13	1,22	100,00	2198	9	140	0,40	0,23	1167	56	15,73	20,88
14	1,32	100,00	2381	17	181	0,71	0,25	1278	72	13,14	17,72
15	1,42	100,00	2564	29	231	1,13	0,27	1393	93	11,11	14,98
16	1,53	100,00	2747	46	289	1,67	0,30	1511	119	9,52	12,66
17	1,63	100,00	2930	69	355	2,34	0,33	1633	152	8,26	10,74
18	1,73	100,00	3113	98	429	3,13	0,37	1759	192	7,26	9,17
19	1,83	100,00	3297	134	511	4,06	0,41	1888	240	6,45	7,88
20	1,93	100,00	3480	178	602	5,13	0,45	2020	296	5,78	6,82
21	2,03	100,00	3663	232	700	6,33	0,51	2156	362	5,23	5,95

COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	771,59	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	725,97	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	261,37	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,71	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,80	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	56,87	[°]		
Incremento sismico della spinta	153,67	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,71	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	54,87	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]
Inerzia del muro	138,99	[kg]		
Inerzia verticale del muro	69,49	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8,59	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	4,29	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1030,08	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4926,61	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-274,78	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4959,56	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	857,52	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,06	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	5033,14	[kg]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,81	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	276,89	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	33671,62	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,5289	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2980	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29.43$	$N_q = 17.79$	$N_\gamma = 14.89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,79$	$i_q = 0,79$	$i_\gamma = 0,45$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,13$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,06$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 25.16$	$N'_q = 14.34$	$N'_\gamma = 5.85$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.40
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.79

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	6	0,00	0,02	92	0	28,46	280,68
3	0,20	100,00	366	0	13	0,00	0,04	184	1	28,46	140,84
4	0,31	100,00	549	0	19	0,00	0,05	278	3	28,46	94,23
5	0,41	100,00	733	0	26	0,00	0,07	371	5	28,46	70,92
6	0,51	100,00	916	0	32	0,00	0,09	466	8	28,46	56,93
7	0,61	100,00	1099	0	39	0,00	0,11	561	12	28,46	47,61
8	0,71	100,00	1282	0	45	0,00	0,13	657	16	28,46	40,95
9	0,81	100,00	1465	0	52	0,01	0,15	754	21	28,12	35,94
10	0,92	100,00	1648	0	63	0,02	0,17	852	27	26,09	31,82
11	1,02	100,00	1831	1	82	0,08	0,18	954	34	22,38	27,99
12	1,12	100,00	2015	4	109	0,21	0,20	1059	44	18,49	24,23
13	1,22	100,00	2198	10	145	0,44	0,23	1168	57	15,20	20,66
14	1,32	100,00	2381	18	189	0,77	0,25	1281	73	12,61	17,44
15	1,42	100,00	2564	31	242	1,22	0,28	1397	95	10,60	14,66
16	1,53	100,00	2747	50	304	1,80	0,30	1516	123	9,05	12,34
17	1,63	100,00	2930	74	374	2,52	0,34	1640	157	7,83	10,42
18	1,73	100,00	3113	105	454	3,38	0,37	1767	199	6,86	8,86
19	1,83	100,00	3297	144	542	4,38	0,42	1898	250	6,08	7,59
20	1,93	100,00	3480	192	640	5,52	0,46	2033	310	5,44	6,56
21	2,03	100,00	3663	250	745	6,82	0,52	2171	380	4,92	5,71

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	1326,62	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1274,80	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	367,16	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,07	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50,79	[°]		
Incremento sismico della spinta	225,46	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	48,16	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]
Inerzia del muro	138,99	[kg]		
Inerzia verticale del muro	69,49	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8,59	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	4,29	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1650,97	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	5042,75	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-224,31	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	5097,30	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1473,97	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	5306,13	[kg]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,13	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	587,56	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	11329,81	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,6700	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,1799	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29.43$	$N_q = 17.79$	$N_\gamma = 14.89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,67$	$i_q = 0,67$	$i_\gamma = 0,12$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,06$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.	$N'_c = 25.16$	$N'_q = 14.34$	$N'_\gamma = 5.85$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.15
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.22

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	6	0,00	0,02	92	0	28,46	280,68
3	0,20	100,00	366	0	13	0,00	0,04	184	1	28,46	140,84
4	0,31	100,00	549	0	19	0,00	0,05	278	3	28,46	94,23
5	0,41	100,00	733	0	26	0,00	0,07	371	5	28,46	70,92
6	0,51	100,00	916	0	32	0,00	0,09	466	8	28,43	56,93
7	0,61	100,00	1099	0	40	0,01	0,11	562	12	27,41	47,45
8	0,71	100,00	1282	1	54	0,05	0,13	659	17	23,59	39,81
9	0,81	100,00	1465	2	79	0,16	0,15	760	23	18,60	32,72
10	0,92	100,00	1648	7	114	0,40	0,17	865	33	14,47	26,25
11	1,02	100,00	1831	14	160	0,77	0,19	973	47	11,45	20,79
12	1,12	100,00	2015	26	217	1,31	0,22	1085	66	9,28	16,46
13	1,22	100,00	2198	44	286	2,02	0,25	1200	91	7,69	13,13
14	1,32	100,00	2381	69	365	2,91	0,28	1319	124	6,51	10,60
15	1,42	100,00	2564	102	457	3,99	0,32	1441	166	5,61	8,68
16	1,53	100,00	2747	144	560	5,25	0,36	1568	218	4,91	7,20
17	1,63	100,00	2930	197	675	6,72	0,41	1698	280	4,34	6,06
18	1,73	100,00	3113	261	801	8,39	0,47	1833	355	3,88	5,16
19	1,83	100,00	3297	338	940	10,26	0,53	1971	444	3,51	4,44
20	1,93	100,00	3480	429	1090	12,34	0,61	2113	547	3,19	3,86
21	2,03	100,00	3663	536	1251	14,63	0,69	2258	666	2,93	3,39

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	1326,62	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1274,80	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	367,16	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,07	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50,79	[°]		
Incremento sismico della spinta	140,31	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	48,41	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]
Inerzia del muro	138,99	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-69,49	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8,59	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-4,29	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1569,14	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4871,61	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-224,31	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4923,41	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1398,17	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	5118,09	[kg]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,85	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	568,69	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	11457,92	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,6476	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,1733	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29.43$	$N_q = 17.79$	$N_\gamma = 14.89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,68$	$i_q = 0,68$	$i_\gamma = 0,13$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,12$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,06$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.	$N'_c = 25.16$	$N'_q = 14.34$	$N'_\gamma = 5.85$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.17
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.33

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	6	0,00	0,02	92	0	28,46	280,68
3	0,20	100,00	366	0	13	0,00	0,04	184	1	28,46	140,84
4	0,31	100,00	549	0	19	0,00	0,05	278	3	28,46	94,23
5	0,41	100,00	733	0	26	0,00	0,07	371	5	28,46	70,92
6	0,51	100,00	916	0	32	0,00	0,09	466	8	28,43	56,93
7	0,61	100,00	1099	0	40	0,01	0,11	562	12	27,47	47,46
8	0,71	100,00	1282	1	54	0,04	0,13	659	17	23,83	39,88
9	0,81	100,00	1465	2	77	0,15	0,15	760	23	18,99	32,89
10	0,92	100,00	1648	6	111	0,37	0,17	864	33	14,90	26,53
11	1,02	100,00	1831	13	154	0,73	0,19	972	46	11,86	21,13
12	1,12	100,00	2015	25	209	1,23	0,22	1082	64	9,66	16,82
13	1,22	100,00	2198	42	273	1,90	0,24	1197	89	8,04	13,48
14	1,32	100,00	2381	65	349	2,74	0,28	1315	120	6,82	10,92
15	1,42	100,00	2564	96	435	3,75	0,31	1436	160	5,89	8,97
16	1,53	100,00	2747	136	533	4,95	0,36	1561	209	5,16	7,46
17	1,63	100,00	2930	185	641	6,33	0,40	1690	269	4,57	6,28
18	1,73	100,00	3113	246	761	7,90	0,46	1822	340	4,09	5,36
19	1,83	100,00	3297	318	892	9,66	0,52	1958	424	3,70	4,62
20	1,93	100,00	3480	404	1034	11,62	0,59	2098	522	3,37	4,02
21	2,03	100,00	3663	504	1185	13,77	0,67	2241	635	3,09	3,53

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	1326,62	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1274,80	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	367,16	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,07	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50,79	[°]		
Incremento sismico della spinta	140,31	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	48,41	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]
Inerzia del muro	138,99	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-69,49	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8,59	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-4,29	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1569,14	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4871,61	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-224,31	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	919,75	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3303,90	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4923,41	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1398,17	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12	[m]

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Risultante in fondazione	5118,09	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,85	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	568,69	[kgm]		

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.59			
--	------	--	--	--

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	1326,62	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1274,80	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	367,16	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16,07	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50,79	[°]		
Incremento sismico della spinta	225,46	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,65	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	48,16	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]
Inerzia del muro	138,99	[kg]		
Inerzia verticale del muro	69,49	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	8,59	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	4,29	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1650,97	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	5042,75	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-224,31	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	911,57	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3381,14	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	5097,30	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1473,97	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]		
Risultante in fondazione	5306,13	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,13	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	587,56	[kgm]		

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.71			
--	------	--	--	--

## Stabilità globale muro + terreno

## Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	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 [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

## Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

## Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,91 Y[m]= 1,63

Raggio del cerchio R[m]= 3,93

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,02

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,01

Larghezza della striscia dx[m]= 0,24

Coefficiente di sicurezza C= 1.59

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	195.52	76.02	189.73	1.00	24.53	0.032	0.000
2	485.58	65.05	440.25	0.57	24.53	0.032	0.000
3	643.67	57.60	543.48	0.45	24.53	0.032	0.000
4	753.56	51.50	589.76	0.39	24.53	0.032	0.000
5	834.53	46.14	601.78	0.35	24.53	0.032	0.000
6	894.99	41.27	590.38	0.32	24.53	0.032	0.000
7	939.54	36.74	562.08	0.30	24.53	0.032	0.000
8	971.05	32.47	521.33	0.29	24.53	0.032	0.000
9	991.42	28.39	471.44	0.27	24.53	0.032	0.000
10	1001.99	24.47	415.00	0.26	24.53	0.032	0.000
11	1003.73	20.66	354.16	0.26	24.53	0.032	0.000
12	997.34	16.95	290.74	0.25	24.53	0.032	0.000
13	976.98	13.31	224.89	0.25	24.53	0.032	0.000
14	974.21	9.72	164.51	0.24	24.53	0.032	0.000
15	989.44	6.17	106.41	0.24	24.53	0.032	0.000
16	997.91	2.65	46.13	0.24	24.53	0.032	0.000
17	825.98	-0.86	-12.46	0.24	24.53	0.032	0.000
18	262.87	-4.38	-20.08	0.24	24.53	0.032	0.000
19	251.96	-7.92	-34.70	0.24	24.53	0.032	0.000
20	233.47	-11.48	-46.47	0.25	24.53	0.032	0.000
21	207.91	-15.09	-54.13	0.25	24.53	0.032	0.000
22	174.97	-18.77	-56.29	0.25	24.53	0.032	0.000
23	134.20	-22.52	-51.40	0.26	24.53	0.032	0.000
24	84.98	-26.38	-37.76	0.27	24.53	0.032	0.000
25	26.48	-30.38	-13.39	0.28	24.53	0.032	0.000

$$\Sigma W_i = 15854,30 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 5785,38 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 7234,51 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.48$$

## Stabilità globale muro + terreno

## Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	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 [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

## Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

## Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,91 Y[m]= 1,63

Raggio del cerchio R[m]= 3,93

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,02

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,01

Larghezza della striscia dx[m]= 0,24

Coefficiente di sicurezza C= 1.61

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	195.52	76.02	189.73	1.00	24.53	0.032	0.000
2	485.58	65.05	440.25	0.57	24.53	0.032	0.000
3	643.67	57.60	543.48	0.45	24.53	0.032	0.000
4	753.56	51.50	589.76	0.39	24.53	0.032	0.000
5	834.53	46.14	601.78	0.35	24.53	0.032	0.000
6	894.99	41.27	590.38	0.32	24.53	0.032	0.000
7	939.54	36.74	562.08	0.30	24.53	0.032	0.000
8	971.05	32.47	521.33	0.29	24.53	0.032	0.000
9	991.42	28.39	471.44	0.27	24.53	0.032	0.000
10	1001.99	24.47	415.00	0.26	24.53	0.032	0.000
11	1003.73	20.66	354.16	0.26	24.53	0.032	0.000
12	997.34	16.95	290.74	0.25	24.53	0.032	0.000
13	976.98	13.31	224.89	0.25	24.53	0.032	0.000
14	974.21	9.72	164.51	0.24	24.53	0.032	0.000
15	989.44	6.17	106.41	0.24	24.53	0.032	0.000
16	997.91	2.65	46.13	0.24	24.53	0.032	0.000
17	825.98	-0.86	-12.46	0.24	24.53	0.032	0.000
18	262.87	-4.38	-20.08	0.24	24.53	0.032	0.000
19	251.96	-7.92	-34.70	0.24	24.53	0.032	0.000
20	233.47	-11.48	-46.47	0.25	24.53	0.032	0.000
21	207.91	-15.09	-54.13	0.25	24.53	0.032	0.000
22	174.97	-18.77	-56.29	0.25	24.53	0.032	0.000
23	134.20	-22.52	-51.40	0.26	24.53	0.032	0.000
24	84.98	-26.38	-37.76	0.27	24.53	0.032	0.000
25	26.48	-30.38	-13.39	0.28	24.53	0.032	0.000

 $\Sigma W_i = 15854,30$  [kg] $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 5785,38$  [kg] $\Sigma W_i \tan \phi_i = 7234,51$  [kg] $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.48$ 

## COMBINAZIONE n° 13

Valore della spinta statica	771,59	[kg]	
Componente orizzontale della spinta statica	725,97	[kg]	
Componente verticale della spinta statica	261,37	[kg]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,71 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,80	[°]	

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	56,87	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	725,97	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4800,77	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-274,78	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4823,18	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	557,99	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	4855,35	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6,60	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	76,33	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	41574,62	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,4339	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3703	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29,43$	$N_q = 17,79$	$N_\gamma = 14,89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,86$	$i_q = 0,86$	$i_\gamma = 0,60$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,13$	$d_q = 1,06$	$d_\gamma = 1,06$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 25,16$	$N'_q = 14,34$	$N'_\gamma = 5,85$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.60
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.62

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	0	0,18	0,02	92	0	99,90	99,90
3	0,20	100,00	366	-1	0	0,36	0,04	184	0	99,90	99,90
4	0,31	100,00	549	-3	0	0,53	0,05	278	0	99,90	99,90
5	0,41	100,00	733	-5	0	0,71	0,07	371	0	99,90	99,90
6	0,51	100,00	916	-8	0	0,89	0,09	466	0	99,90	99,90
7	0,61	100,00	1099	-12	0	1,07	0,10	561	0	99,90	99,90
8	0,71	100,00	1282	-16	0	1,25	0,12	657	0	99,90	99,90
9	0,81	100,00	1465	-21	1	1,42	0,13	754	0	2889,71	54783,23
10	0,92	100,00	1648	-26	4	1,59	0,15	852	0	384,37	3979,73
11	1,02	100,00	1831	-32	14	1,72	0,16	953	1	128,28	865,85
12	1,12	100,00	2015	-36	31	1,79	0,18	1057	3	64,69	315,32
13	1,22	100,00	2198	-39	55	1,79	0,20	1164	8	39,98	151,71
14	1,32	100,00	2381	-40	86	1,69	0,21	1274	15	27,73	86,23
15	1,42	100,00	2564	-39	124	1,50	0,23	1387	25	20,70	54,65
16	1,53	100,00	2747	-33	169	1,21	0,25	1504	40	16,25	37,38
17	1,63	100,00	2930	-23	221	0,80	0,28	1623	60	13,23	27,04
18	1,73	100,00	3113	-9	281	0,28	0,31	1746	86	11,08	20,41
19	1,83	100,00	3297	12	348	0,36	0,34	1872	117	9,47	15,93
20	1,93	100,00	3480	39	422	1,12	0,37	2001	157	8,24	12,77
21	2,03	100,00	3663	73	503	2,00	0,41	2133	204	7,28	10,47

## COMBINAZIONE n° 14

Valore della spinta statica	771,59	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	725,97	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	261,37	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,71	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,80	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	56,87	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]

## Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	725,97	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4800,77	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-274,78	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4823,18	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	557,99	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	4855,35	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6,60	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	76,33	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	41574,62	[kg]

## Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,4339	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3703	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29.43$	$N_q = 17.79$	$N_\gamma = 14.89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.86$	$i_q = 0.86$	$i_\gamma = 0.60$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.13$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.06$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 25.16$	$N'_q = 14.34$	$N'_\gamma = 5.85$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.60
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.62

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	0	0,18	0,02	92	0	99,90	99,90
3	0,20	100,00	366	-1	0	0,36	0,04	184	0	99,90	99,90
4	0,31	100,00	549	-3	0	0,53	0,05	278	0	99,90	99,90
5	0,41	100,00	733	-5	0	0,71	0,07	371	0	99,90	99,90
6	0,51	100,00	916	-8	0	0,89	0,09	466	0	99,90	99,90
7	0,61	100,00	1099	-12	0	1,07	0,10	561	0	99,90	99,90
8	0,71	100,00	1282	-16	0	1,25	0,12	657	0	99,90	99,90
9	0,81	100,00	1465	-21	1	1,42	0,13	754	0	2889,71	54783,23
10	0,92	100,00	1648	-26	4	1,59	0,15	852	0	384,37	3979,73
11	1,02	100,00	1831	-32	14	1,72	0,16	953	1	128,28	865,85
12	1,12	100,00	2015	-36	31	1,79	0,18	1057	3	64,69	315,32
13	1,22	100,00	2198	-39	55	1,79	0,20	1164	8	39,98	151,71
14	1,32	100,00	2381	-40	86	1,69	0,21	1274	15	27,73	86,23
15	1,42	100,00	2564	-39	124	1,50	0,23	1387	25	20,70	54,65
16	1,53	100,00	2747	-33	169	1,21	0,25	1504	40	16,25	37,38
17	1,63	100,00	2930	-23	221	0,80	0,28	1623	60	13,23	27,04
18	1,73	100,00	3113	-9	281	0,28	0,31	1746	86	11,08	20,41
19	1,83	100,00	3297	12	348	0,36	0,34	1872	117	9,47	15,93
20	1,93	100,00	3480	39	422	1,12	0,37	2001	157	8,24	12,77
21	2,03	100,00	3663	73	503	2,00	0,41	2133	204	7,28	10,47

COMBINAZIONE n° 15

Valore della spinta statica	771,59	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	725,97	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	261,37	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,03	[m]	Y = -1,71	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,80	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	56,87	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	244,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,01	[m]	Y = -1,20	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	725,97	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4800,77	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-274,78	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4823,18	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	557,99	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Risultante in fondazione	4855,35	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6,60	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	76,33	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	41574,62	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,4339	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3703	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 29.43$	$N_q = 17.79$	$N_\gamma = 14.89$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.86$	$i_q = 0.86$	$i_\gamma = 0.60$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.13$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.06$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 25.16$	$N'_q = 14.34$	$N'_\gamma = 5.85$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.60
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.62

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,10	100,00	183	0	0	0,18	0,02	92	0	99,90	99,90
3	0,20	100,00	366	-1	0	0,36	0,04	184	0	99,90	99,90
4	0,31	100,00	549	-3	0	0,53	0,05	278	0	99,90	99,90
5	0,41	100,00	733	-5	0	0,71	0,07	371	0	99,90	99,90
6	0,51	100,00	916	-8	0	0,89	0,09	466	0	99,90	99,90
7	0,61	100,00	1099	-12	0	1,07	0,10	561	0	99,90	99,90
8	0,71	100,00	1282	-16	0	1,25	0,12	657	0	99,90	99,90
9	0,81	100,00	1465	-21	1	1,42	0,13	754	0	2889,71	54783,23
10	0,92	100,00	1648	-26	4	1,59	0,15	852	0	384,37	3979,73
11	1,02	100,00	1831	-32	14	1,72	0,16	953	1	128,28	865,85
12	1,12	100,00	2015	-36	31	1,79	0,18	1057	3	64,69	315,32
13	1,22	100,00	2198	-39	55	1,79	0,20	1164	8	39,98	151,71
14	1,32	100,00	2381	-40	86	1,69	0,21	1274	15	27,73	86,23
15	1,42	100,00	2564	-39	124	1,50	0,23	1387	25	20,70	54,65
16	1,53	100,00	2747	-33	169	1,21	0,25	1504	40	16,25	37,38
17	1,63	100,00	2930	-23	221	0,80	0,28	1623	60	13,23	27,04
18	1,73	100,00	3113	-9	281	0,28	0,31	1746	86	11,08	20,41
19	1,83	100,00	3297	12	348	0,36	0,34	1872	117	9,47	15,93
20	1,93	100,00	3480	39	422	1,12	0,37	2001	157	8,24	12,77
21	2,03	100,00	3663	73	503	2,00	0,41	2133	204	7,28	10,47

## Verifica a taglio dei denti del geobloc

Effettuiamo la verifica a taglio di elemento privo di armatura utilizzando l'espressione (4.1.14) di NTC-08. Considerando il dente del geobloc più piccolo largo 97 cm e profondo 12 cm oltre che  $\rho_1 = 0$  e  $\sigma_{cp} = 0$  otteniamo:

$$V_{rd} = v_{min} \times b_w \times d = 0,277 \times 970 \times 120 = 32.242 \text{ N} = 32,2 \text{ KN}$$

considerando che abbiamo n. 3 denti, la resistenza al taglio complessiva ammonta a 96,6 KN.  
Considerando che la spinta massima in direzione orizzontale esercitata sul muro non raggiunge le 17 KN, la verifica appare soddisfatta.

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto Ing. Iannotta Maurizio, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	10.10
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Ing. Iannotta Maurizio
Licenza	AIU1529LP

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

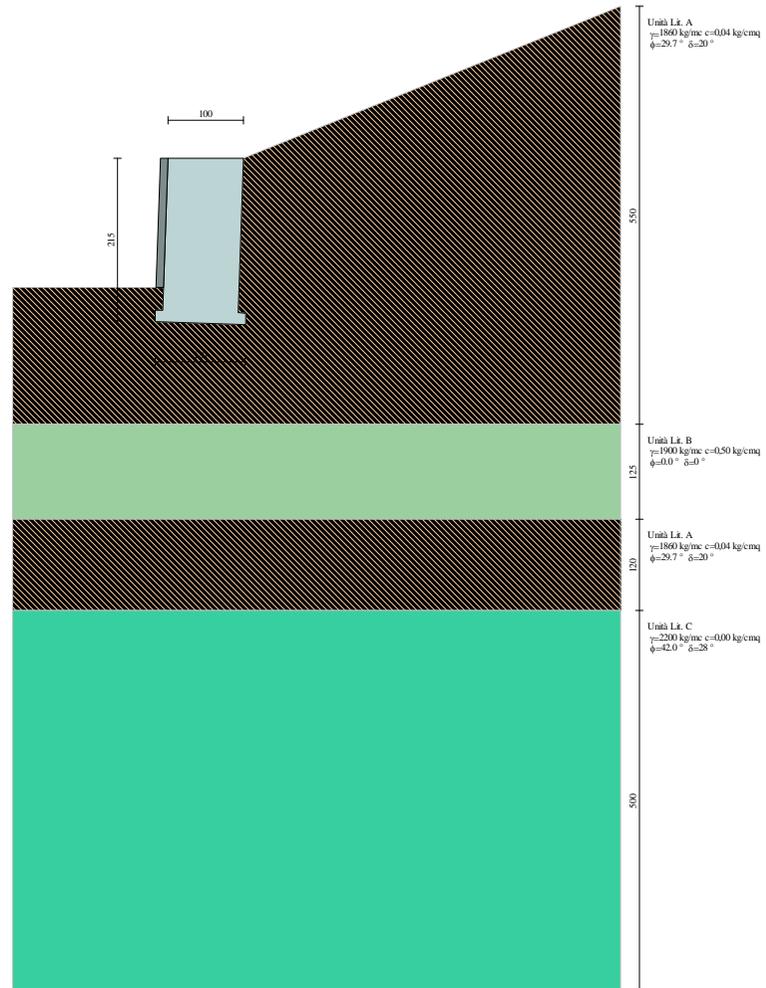
S.M. a Monte, Luglio 2016

Il progettista  
( Ing. Iannotta Maurizio )

STABILIZZAZIONE DI UN TRATTO DI VERSANTE A MONTE DELLA VIA REPUBBLICA

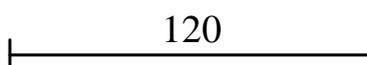
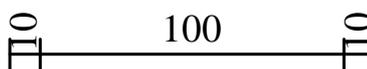
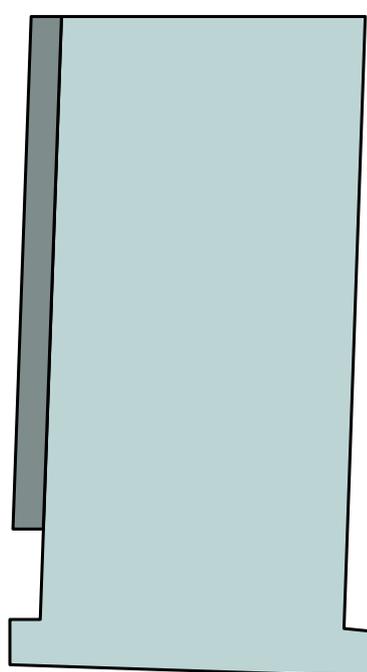
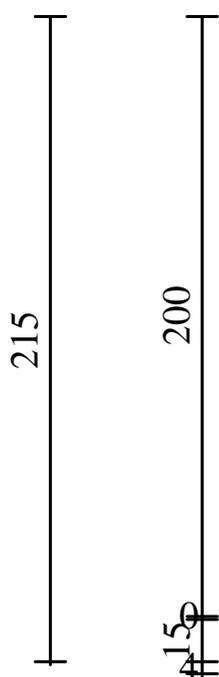
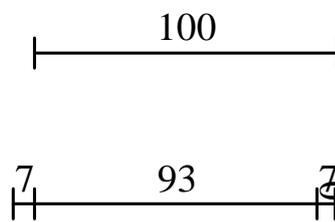
**ELABORATI GRAFICI ALLEGATI ALLA RELAZIONE DI CALCOLO DEL  
MURO COSTITUITO DA ELEMENTI PREFABBRICATI IN  
CALCESTRUZZO**

# SCHEMA DI CALCOLO

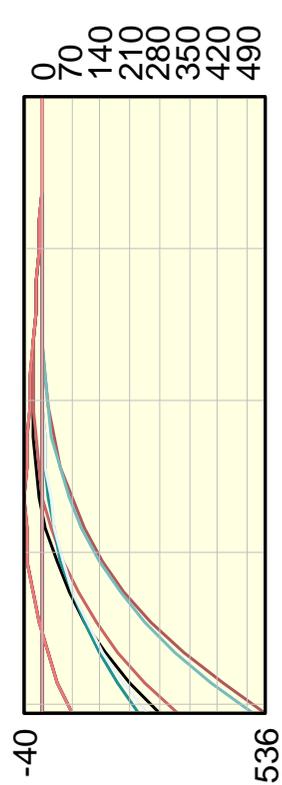
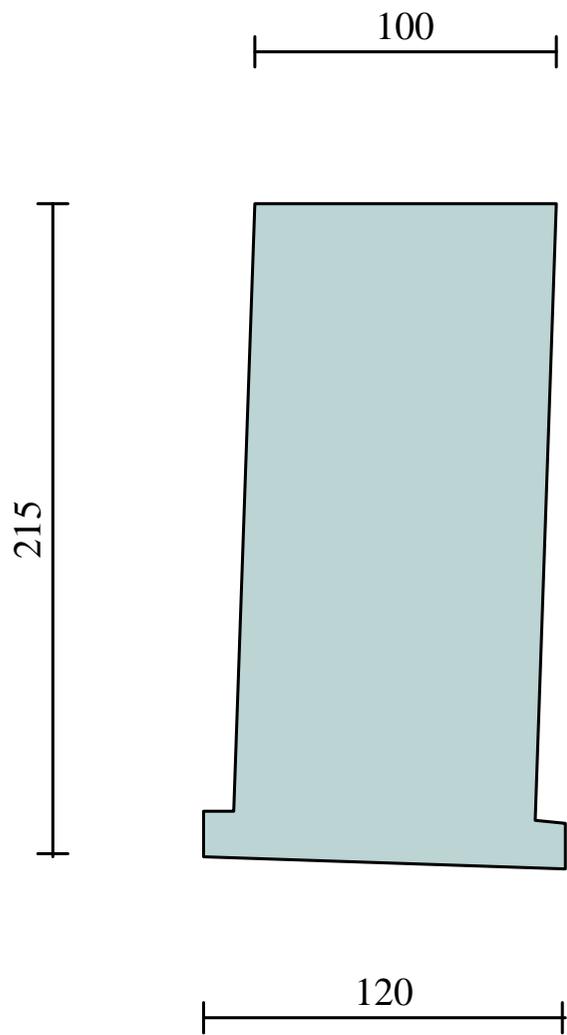


# DIMENSIONI GEOMETRICHE DEL MURO

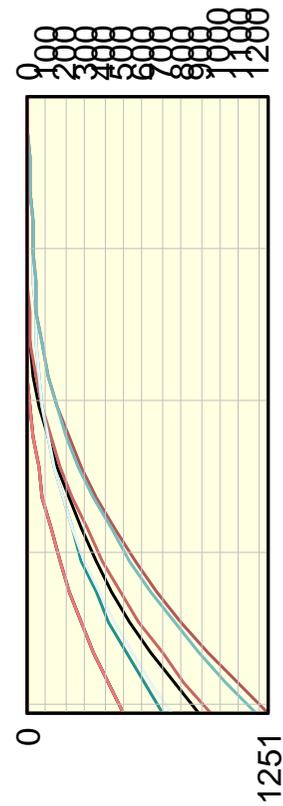
VALLE



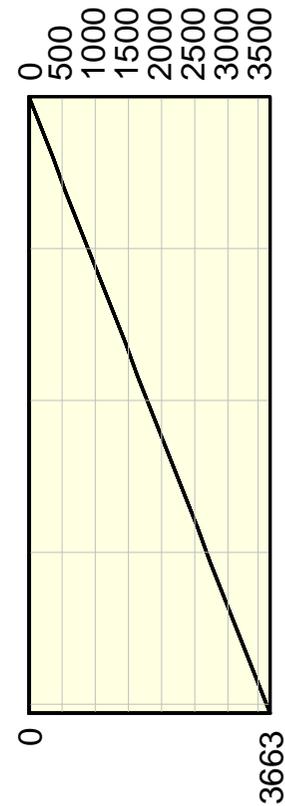
# INVILUPPO DELLE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE



Momenti [kgm]



Taglio [kg]

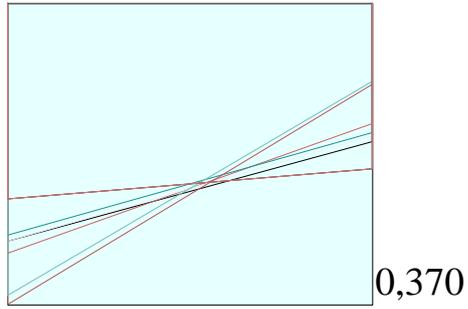


Sforzo Normale [kg]

# INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE



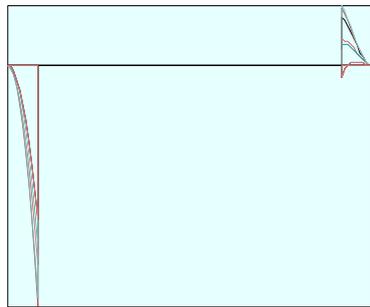
0,670



Pressioni sul terreno

-7,80

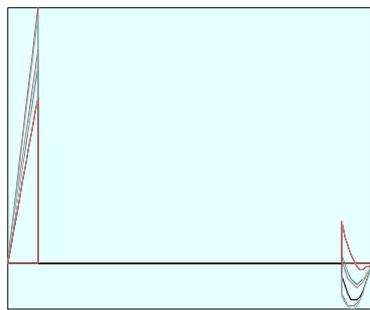
31,47



Momento

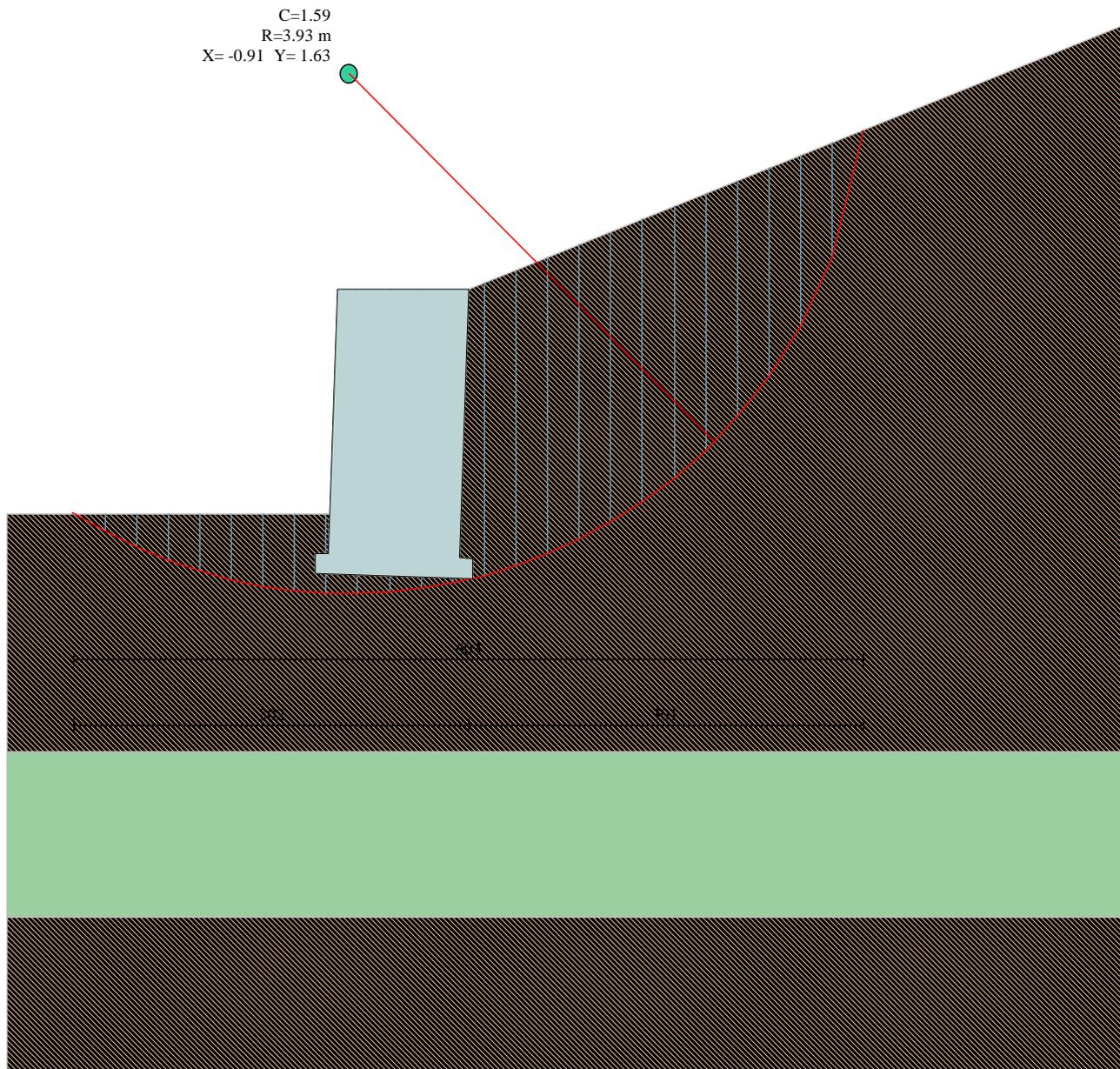
622,53

-108,29



Taglio

# SUPERFICIE DI SCORRIMENTO A MINOR COEFF. DI SICUREZZA

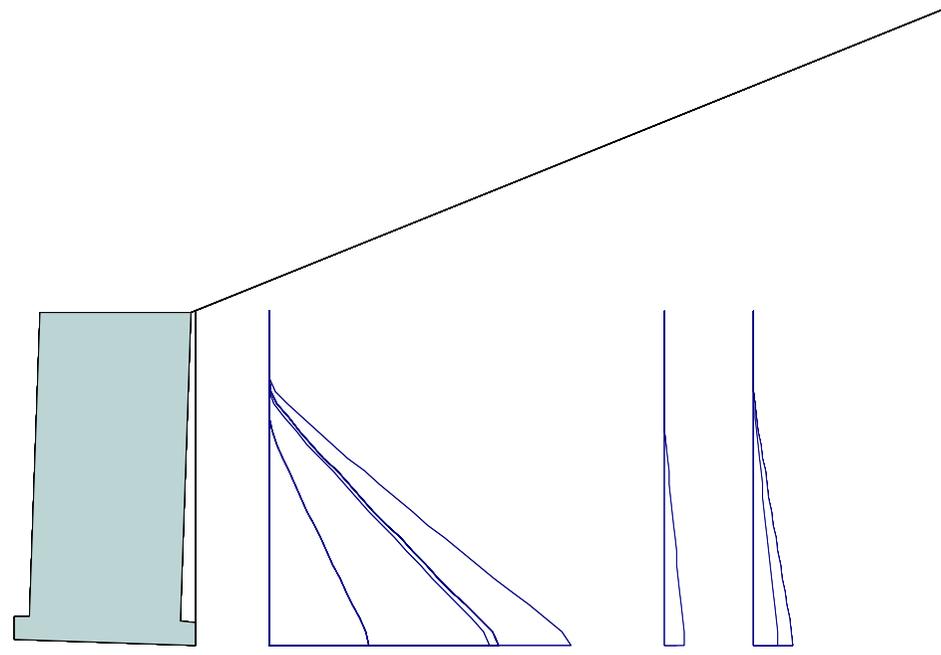


Unità Lit. A  
 $\gamma=1860 \text{ kg/mc}$   $c=0,04 \text{ kg/cm}^2$   
 $\phi=29.7^\circ$   $\delta=20^\circ$

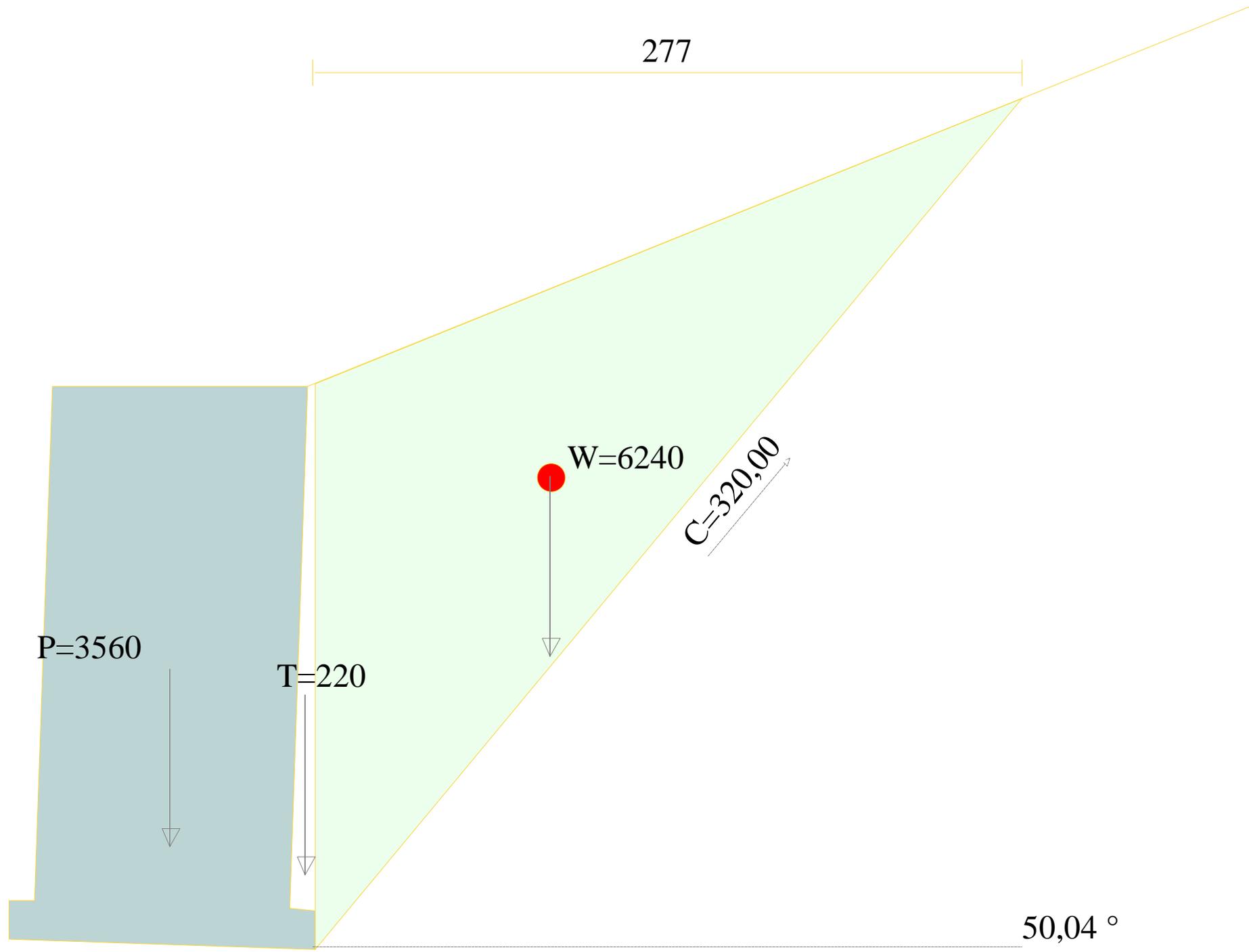
Unità Lit. B  
 $\gamma=1900 \text{ kg/mc}$   $c=0,50 \text{ kg/cm}^2$   
 $\phi=0.0^\circ$   $\delta=0^\circ$

Unità Lit. A  
 $\gamma=1860 \text{ kg/mc}$   $c=0,04 \text{ kg/cm}^2$   
 $\phi=29.7^\circ$   $\delta=20^\circ$

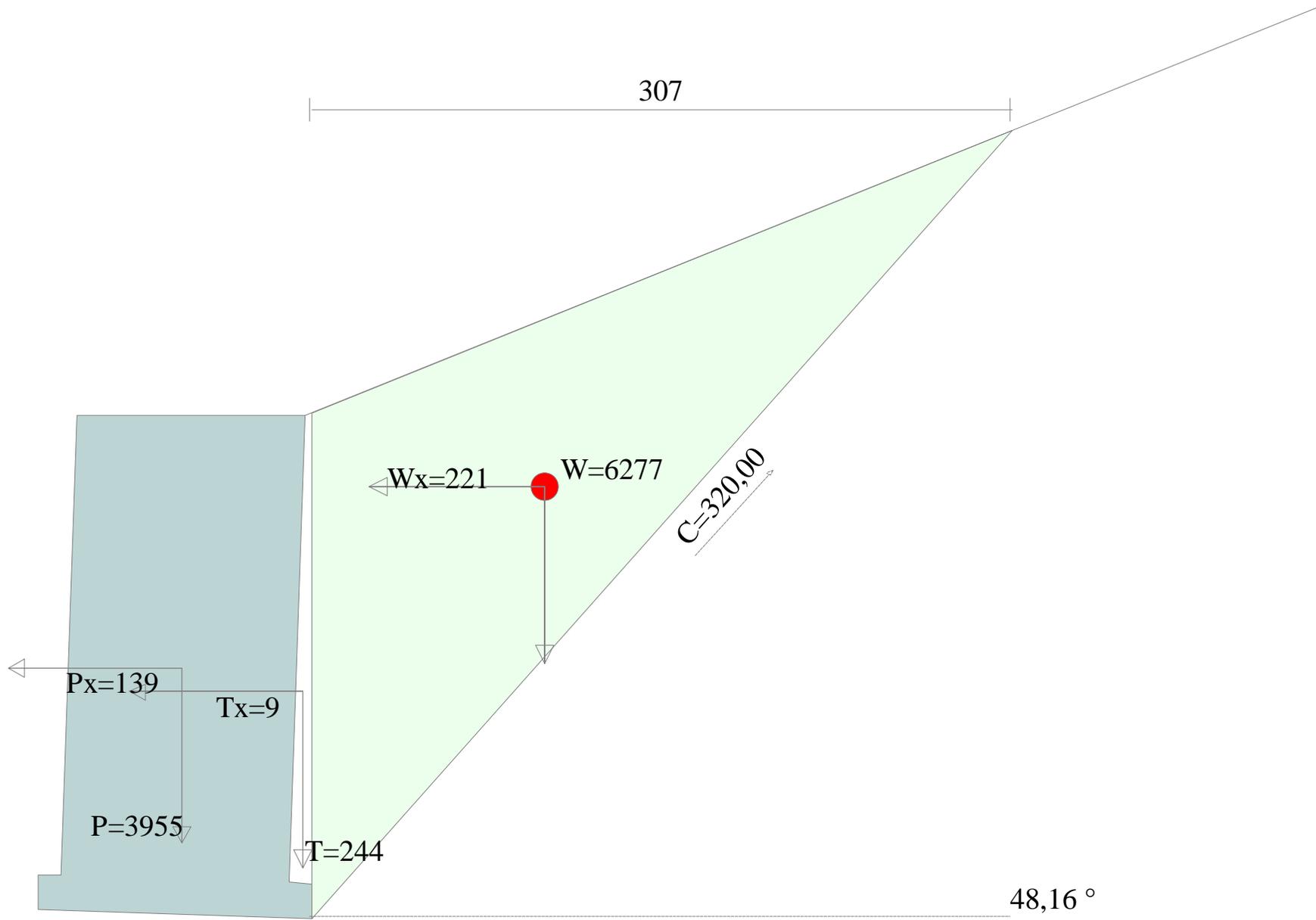
# INVILUPPO DEI DIAGRAMMI DELLE SPINTE



CUNEO STATICO MAGGIORE



# CUNEO SISMICO MAGGIORE



# INVILUPPO DELLE PRESSIONI SUL PARAMENTO

