



# COMUNE DI PATERNO CALABRO

Provincia di Cosenza

REGIONE



CALABRIA

Lavori di "Realizzazione impianto di depurazione a fanghi attivi in loc. Cimini della potenzialità di 1.000 a.e.. Adeguamento funzionale degli impianti di depurazione di loc. Pugliano (pot. 300 a.e.) e loc. Spadolette (pot. 300 a.e.). Realizzazione rete fognaria di parte del centro urbano e collettamento all'impianto di depurazione di Loc. Cimini" - I° **Stralcio funzionale**.



## PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Progettazione:



**Sede Legale e Sede Operativa**

**Viale della Repubblica, 154 - Cosenza**

**Tel. 0984/393037**

**Email: [info@progreenambiente.it](mailto:info@progreenambiente.it)**

**PEC: [progreenambiente@pec.progreenambiente.it](mailto:progreenambiente@pec.progreenambiente.it)**

Codice: **PD/PE**

**10.08.b**

Scala:

**1:1000**

Titolo:

## RELAZIONE SPECIALISTICA - DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI SOSTEGNO IN C.A.

Timbri:

Direttore Tecnico



Il Responsabile Unico del Procedimento: Geom. Maurizio Piccolo

Data:

Rev.	Data:	Descrizione revisione	Eseguito:	Controllato:	Approvato:
A					
B					
C					

Progetto: Muro di sostegno  
Ditta:  
Comune:  
Progettista:  
Direttore dei Lavori:  
Impresa:

## 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 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

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

## 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  $p$  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 parete 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  $M_s/M_r$  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 disuguaglianza

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

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

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## 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

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

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppatasi lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, inclinato dell'angolo  $\rho$  (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale. Detta  $N$  la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione,  $Q$  l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo,  $S_p$  la resistenza passiva,  $L_c$  l'ampiezza del cuneo 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

$$F_r = (N - Q) \tan \delta_f + S_p + c_a L_c$$

con  $L_c = B_f - L_e$

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:

$$Q_u = c N_c d_{c,i} + q N_q d_{q,i} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma,i}$$

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:

$$A = e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_q = A \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

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

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

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

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:

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

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

$$i_r = 0 \quad \text{per} \quad \phi = 0$$

## 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.

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

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  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 e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Normativa

### N.T.C. 2018

#### 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 uniassiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,30	1,10
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 uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

#### 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	1,10
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	1,00	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,00	1,00	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 mensola in c.a.
Altezza del paramento	1,50 [m]
Spessore in sommità	0,30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<b>Fondazione</b>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,50 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,30 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,40 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]
Altezza dello sperone di fondazione	0,30 [m]
Spessore dello sperone di fondazione	0,30 [m]



## Materiali utilizzati per la struttura

### Calcestruzzo

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	305,9 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	320665,55 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	4588,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

N	X	Y	A
1	0,60	0,00	0,00
2	3,00	2,20	42,51
3	7,60	6,10	40,29
4	12,20	10,00	40,29
5	17,00	12,10	23,63
6	18,00	12,10	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[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	$c_a$
litotipo 1	1990	2000	30.44	20.29	0,046	0,000
litotipo 2	2080	2080	34.36	34.36	0,500	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

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

<b>Nr.</b>	<b>H</b>	<b>a</b>	<b>Kw</b>	<b>Ks</b>	<b>Terreno</b>
1	1,50	30,00	0,00	0,00	litotipo 1
2	1,00	0,00	13,45	0,00	litotipo 2

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

<i>F/S</i>	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 EQU (SLU)

	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° 3 - 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° 4 - 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° 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 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° 7 - 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° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

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

#### Combinazione n° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

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

#### Combinazione n° 10 - Rara (SLE)

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

#### Combinazione n° 11 - Frequente (SLE)

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

Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Quasi Permanente (SLE)

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

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

**Impostazioni verifiche SLU**

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

**Impostazioni verifiche SLE**

Condizioni ambientali  
Armatura ad aderenza migliorata

Ordinarie

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature  
Valori limite delle aperture delle fessure

Poco sensibile

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

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

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

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

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

Calcolo della portanza

metodo di Meyerhof

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

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

**Impostazioni avanzate**

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

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>sco</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>rib</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>qlm</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>stab</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>sco</sub></b>	<b>CS<sub>rib</sub></b>	<b>CS<sub>qlm</sub></b>	<b>CS<sub>stab</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	23,31	--	60,66	--
2	EQU - [1]	--	--	34,08	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	3,74
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	3,13	--	81,45	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	3,09	--	99,84	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,10	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,38	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	3,62
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	3,97
10	SLER - [1]	--	142,68	--	56,98	--
11	SLEF - [1]	--	142,68	--	56,98	--
12	SLEQ - [1]	--	142,68	--	56,98	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte  
Ordinate Y (esprese 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

Superficie di spinta limitata

Distanza dalla testa del muro 12,00[m]

Calcolo della spinta  
Calcolo del carico limite  
Calcolo della stabilità globale  
Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann  
metodo di Meyerhof  
metodo di Fellenius  
Spinta attiva

### Sisma

#### **Identificazione del sito**

Latitudine  
Longitudine  
Comune  
Provincia  
Regione

39.228790  
16.272116  
Paterno Calabro  
Cosenza  
Calabria

Punti di interpolazione del reticolo

40114 - 40336 - 40337 - 40115

#### **Tipo di opera**

Tipo di costruzione  
Vita nominale  
Classe d'uso  
Vita di riferimento  
Categoria sottosuolo  
Categoria topografica

Opera ordinaria  
50 anni  
III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose  
75 anni  
C  
T2

#### **Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo  $a_g$   
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)  
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )  
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )  
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale  
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

3.15 [m/s<sup>2</sup>]  
1.23  
1.20  
0.38  
0.50  
 $k_h = (a_g/g * \beta_m * S_t * S) = 17.99$   
 $k_v = 0.50 * k_h = 9.00$

#### **Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo  $a_g$   
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)  
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )  
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )  
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale  
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

1.14 [m/s<sup>2</sup>]  
1.50  
1.20  
0.47  
0.50  
 $k_h = (a_g/g * \beta_m * S_t * S) = 9.86$   
 $k_v = 0.50 * k_h = 4.93$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)  
Lunghezza del muro

0,0  
10,00 [m]

Peso muro  
Baricentro del muro

2650,00 [kg]  
X=-0,11 Y=-1,33

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
Punto superiore superficie di spinta

X = 0,50 Y = -2,20  
X = 0,50 Y = 0,00

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	132,00	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	123,81	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	45,78	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,08	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	74,31	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	123,81	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4194,78	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1865,07	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4194,78	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	123,81	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,15	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	4196,60	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	1,69	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-640,61	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	254440,77	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,0952	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5501	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 43.54$	$N_q = 30.77$	$N_\gamma = 33.18$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,86$	$i_q = 0,86$	$i_\gamma = 0,65$
<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.			
	$N'_c = 41.76$	$N'_q = 27.97$	$N'_\gamma = 22.95$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	23.31
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	60.66

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	56,25	0,00	0,00
3	0,15	112,50	0,00	0,00
4	0,22	168,75	0,00	0,00
5	0,30	225,00	0,00	0,00
6	0,38	281,25	0,00	0,00
7	0,45	337,50	0,00	0,00
8	0,53	393,75	0,00	0,00
9	0,60	450,00	0,00	0,05
10	0,67	506,25	0,04	1,27
11	0,75	562,50	0,28	5,85
12	0,82	618,75	1,01	14,38
13	0,90	675,00	2,53	26,85
14	0,97	731,25	5,14	43,29
15	1,05	787,50	9,12	63,54
16	1,13	843,75	14,74	86,32
17	1,20	900,00	22,09	109,75
18	1,27	956,25	31,20	133,32
19	1,35	1012,50	42,09	157,03
20	1,43	1068,75	54,76	180,78
21	1,50	1125,00	69,21	204,61

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	0,01	1,99
3	0,10	0,35	12,73
4	0,15	1,43	32,22
5	0,20	3,71	60,46
6	0,25	7,62	97,44
7	0,30	13,60	143,17
8	0,35	22,09	197,65
9	0,40	33,51	260,88
10	0,45	48,32	332,85
11	0,50	66,95	413,57

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00



2	0,05	-0,27	-12,45
3	0,10	-1,38	-33,47
4	0,15	-3,75	-63,08
5	0,20	-7,79	-101,26
6	0,25	-13,95	-148,02
7	0,30	-22,63	-203,36
8	0,35	-33,34	-229,78
9	0,40	-45,55	-264,78
10	0,45	-59,69	-308,36
11	0,50	-76,18	-360,51

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 1

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	VRd
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0	0	1000,00	13007	--	--
2	0,07	100, 30	10,05	10,05	425526	0	7564,91	13015	--	--
3	0,15	100, 30	10,05	10,05	425526	0	3782,45	13023	--	--
4	0,22	100, 30	10,05	10,05	425526	0	2521,64	13030	--	--
5	0,30	100, 30	10,05	10,05	425526	0	1891,23	13038	--	--
6	0,38	100, 30	10,05	10,05	425526	0	1512,98	13045	--	--
7	0,45	100, 30	10,05	10,05	425526	0	1260,82	13053	--	--
8	0,53	100, 30	10,05	10,05	425526	0	1080,70	13061	--	--
9	0,60	100, 30	10,05	10,05	425524	-1	945,61	13068	--	--
10	0,67	100, 30	10,05	10,05	425458	-30	840,41	13076	--	--
11	0,75	100, 30	10,05	10,05	425056	-211	755,66	13083	--	--
12	0,82	100, 30	10,05	10,05	423977	-694	685,22	13091	--	--
13	0,90	100, 30	10,05	10,05	421990	-1584	625,17	13098	--	--
14	0,97	100, 30	10,05	10,05	418954	-2945	572,93	13106	--	--
15	1,05	100, 30	10,05	10,05	414800	-4806	526,73	13114	--	--
16	1,13	100, 30	10,05	10,05	409562	-7153	485,41	13121	--	--
17	1,20	100, 30	10,05	10,05	403429	-9901	448,25	13129	--	--
18	1,27	100, 30	10,05	10,05	395233	-12896	413,32	13136	--	--
19	1,35	100, 30	10,05	10,05	369578	-15363	365,02	13144	--	--
20	1,43	100, 30	10,05	10,05	343107	-17578	321,04	13152	--	--
21	1,50	100, 30	10,05	10,05	316855	-19492	281,65	13159	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

### Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 40	8,04	8,04	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,05	100, 40	8,04	8,04	0	11345	847571,50	15220	--	--
3	0,10	100, 40	8,04	8,04	0	11345	32872,25	15220	--	--
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0	11345	7919,22	15220	--	--
5	0,20	100, 40	8,04	8,04	0	11345	3055,35	15220	--	--
6	0,25	100, 40	8,04	8,04	0	11345	1488,03	15220	--	--
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0	11345	834,00	15220	--	--
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0	11345	513,65	15220	--	--
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0	11345	338,52	15220	--	--
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0	11345	234,79	15220	--	--
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0	11345	169,47	15220	--	--

### Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 40	16,08	8,04	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,05	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	81139,02	15220	--	--
3	0,10	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	16129,16	15220	--	--
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	3027,95	15220	--	--
5	0,20	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	2860,34	15220	--	--
6	0,25	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	1598,34	15220	--	--
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	501,29	15220	--	--
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	340,33	15220	--	--
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	249,10	15220	--	--
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	190,08	15220	--	--
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	148,92	15220	--	--

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=30 [cm]

A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]

Sollecitazioni M=24,8 [kgm] T=123,8 [kg]

Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 8192,23 [kgm]

Coeff.sicurezza sezione = 330,68

### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	132,00	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	123,81	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	45,78	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,08	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	74,31	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	123,81	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4194,78	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1865,07	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	101,79	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3469,00	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4194,78	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	123,81	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,15	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	4196,60	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	1,69	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-640,61	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	34.08
--	-------

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

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]  
Ctn, Ctt contributo tiranti espresso in [kg]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 1,58

Raggio del cerchio R[m]= 3,81

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,26

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,64

Larghezza della striscia dx[m]= 0,24

Coefficiente di sicurezza C= 3.74

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u	Ctn	Ctt
1	1179,09	67.86	1092,17	0,63	28.68	0,40	0,00	---	---
2	1323,55	59.64	1142,05	0,47	28.68	0,40	0,00	---	---
3	1402,62	53.17	1122,67	0,39	28.68	0,40	0,00	---	---
4	1440,76	47.58	1063,59	0,35	28.68	0,40	0,00	---	---
5	1452,81	42.54	982,29	0,32	28.68	0,40	0,00	---	---
6	1446,54	37.89	888,33	0,30	28.68	0,40	0,00	---	---
7	1425,47	33.51	787,01	0,28	28.68	0,40	0,00	---	---
8	1391,89	29.35	682,21	0,27	28.68	0,40	0,00	---	---
9	1347,40	25.35	576,92	0,26	28.68	0,40	0,00	---	---
10	1293,12	21.48	473,56	0,25	28.68	0,40	0,00	---	---
11	1229,91	17.71	374,22	0,25	28.68	0,40	0,00	---	---
12	1158,36	14.02	280,70	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
13	1079,77	10.39	194,78	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
14	1110,76	6.80	131,58	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
15	1127,14	3.24	63,71	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
16	1208,71	-0.31	-6,54	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
17	994,79	-3.86	-67,00	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
18	380,30	-7.43	-49,17	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
19	351,58	-11.02	-67,23	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
20	286,23	-14.66	-72,46	0,24	28.68	0,40	0,00	---	---
21	252,13	-18.37	-79,45	0,25	25.18	0,04	0,00	---	---
22	211,15	-22.15	-79,62	0,25	25.18	0,04	0,00	---	---
23	161,50	-26.04	-70,90	0,26	25.18	0,04	0,00	---	---
24	102,32	-30.06	-51,26	0,27	25.18	0,04	0,00	---	---
25	32,47	-34.26	-18,28	0,29	25.18	0,04	0,00	---	---

$\Sigma W_i = 23390,39$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 9293,91$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 10580,48$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 24190,25$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 4

Valore della spinta statica

21,41 [kg]

Componente orizzontale della spinta statica

20,08 [kg]

Componente verticale della spinta statica

7,43 [kg]

Punto d'applicazione della spinta

X = 0,50 [m]

Y = -1,14 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	78,18	[°]		
Incremento sismico della spinta	248,06	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	72,87	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]
Inerzia del muro	476,79	[kg]		
Inerzia verticale del muro	238,39	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	269,70	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	134,85	[kg]		
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	999,23	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4615,70	[kg]		
Resistenza passiva dente di fondazione	-2357,18	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4615,70	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	999,23	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,01	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Risultante in fondazione	4722,62	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,22	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-63,29	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	375955,63	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3326	[kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3775	[kg/cm <sup>2</sup> ]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 43.54$	$N_q = 30.77$	$N_\gamma = 33.18$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,95$	$i_q = 0,95$	$i_\gamma = 0,86$
<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.			
	$N'_c = 45.96$	$N'_q = 30.79$	$N'_\gamma = 30.22$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.13
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	81.45

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	56,25	0,38	10,12
3	0,15	112,50	1,52	20,24
4	0,22	168,75	3,42	30,36
5	0,30	225,00	6,07	40,48
6	0,38	281,25	9,49	50,60
7	0,45	337,50	13,66	60,72
8	0,53	393,75	18,60	70,84
9	0,60	450,00	24,29	80,96
10	0,67	506,25	30,74	91,08
11	0,75	562,50	37,95	101,20
12	0,82	618,75	45,93	111,98
13	0,90	675,00	54,86	127,30
14	0,97	731,25	65,21	150,08
15	1,05	787,50	77,56	180,41
16	1,13	843,75	92,44	217,01
17	1,20	900,00	110,17	255,96
18	1,27	956,25	130,83	294,98
19	1,35	1012,50	154,42	333,87
20	1,43	1068,75	180,91	372,51
21	1,50	1125,00	210,29	411,07

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	2,91	116,72
3	0,10	11,69	234,31
4	0,15	26,36	352,77
5	0,20	46,98	472,08
6	0,25	73,58	592,26
7	0,30	106,22	713,31
8	0,35	144,93	835,22
9	0,40	189,75	957,99
10	0,45	240,74	1081,63
11	0,50	297,93	1206,13

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,05	-1,24	-49,65
3	0,10	-4,97	-100,04
4	0,15	-11,24	-151,17
5	0,20	-20,07	-203,02
6	0,25	-31,50	-255,62
7	0,30	-45,56	-308,94
8	0,35	-61,35	-325,50
9	0,40	-77,97	-342,80
10	0,45	-95,44	-360,83
11	0,50	-113,80	-379,59

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 4

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
VR <sub>ed</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
VR <sub>sd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VR <sub>d</sub>	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0	0	1000,00	13007	--	--
2	0,07	100, 30	10,05	10,05	419214	-2828	7452,68	13015	--	--
3	0,15	100, 30	10,05	10,05	413085	-5574	3671,87	13023	--	--
4	0,22	100, 30	10,05	10,05	407134	-8241	2412,65	13030	--	--
5	0,30	100, 30	10,05	10,05	401351	-10832	1783,78	13038	--	--
6	0,38	100, 30	10,05	10,05	391866	-13220	1393,30	13045	--	--
7	0,45	100, 30	10,05	10,05	372517	-15080	1103,75	13053	--	--
8	0,53	100, 30	10,05	10,05	353631	-16702	898,11	13061	--	--
9	0,60	100, 30	10,05	10,05	335867	-18129	746,37	13068	--	--
10	0,67	100, 30	10,05	10,05	318756	-19356	629,64	13076	--	--
11	0,75	100, 30	10,05	10,05	302614	-20417	537,98	13083	--	--
12	0,82	100, 30	10,05	10,05	287542	-21345	464,71	13091	--	--
13	0,90	100, 30	10,05	10,05	272707	-22164	404,01	13098	--	--
14	0,97	100, 30	10,05	10,05	257540	-22968	352,19	13106	--	--
15	1,05	100, 30	10,05	10,05	241080	-23744	306,13	13114	--	--
16	1,13	100, 30	10,05	10,05	223678	-24505	265,10	13121	--	--
17	1,20	100, 30	10,05	10,05	205154	-25114	227,95	13129	--	--
18	1,27	100, 30	10,05	10,05	183058	-25046	191,43	13136	--	--
19	1,35	100, 30	10,05	10,05	160135	-24422	158,16	13144	--	--
20	1,43	100, 30	10,05	10,05	139193	-23561	130,24	13152	--	--
21	1,50	100, 30	10,05	10,05	120009	-22433	106,67	13159	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 4

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

### Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 40	8,04	8,04	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,05	100, 40	8,04	8,04	0	11345	3892,63	15220	--	--
3	0,10	100, 40	8,04	8,04	0	11345	970,76	15220	--	--
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0	11345	430,39	15220	--	--
5	0,20	100, 40	8,04	8,04	0	11345	241,50	15220	--	--
6	0,25	100, 40	8,04	8,04	0	11345	154,18	15220	--	--
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0	11345	106,81	15220	--	--
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0	11345	78,28	15220	--	--
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0	11345	59,79	15220	--	--
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0	11345	47,13	15220	--	--
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0	11345	38,08	15220	--	--

### Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 40	16,08	8,04	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,05	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	18009,94	15220	--	--
3	0,10	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	4482,29	15220	--	--
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	1009,32	15220	--	--
5	0,20	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	1110,61	15220	--	--
6	0,25	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	707,64	15220	--	--
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	248,99	15220	--	--
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	184,91	15220	--	--
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	145,51	15220	--	--
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	118,88	15220	--	--
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	99,70	15220	--	--

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=30 [cm]  
A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]  
Sollecitazioni M=199,9 [kgm] T=999,2 [kg]  
Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 8192,23 [kgm]  
Coeff.sicurezza sezione = 40,97

### COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	21,41	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,08	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	7,43	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	78,18	[°]		
Incremento sismico della spinta	83,88	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	75,68	[°]		



Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]
Inerzia del muro	476,79	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-238,39	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	269,70	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-134,85	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	845,24	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	3812,27	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1999,50	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	3812,27	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	845,24	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,00	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	3904,85	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,50	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-14,64	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	380616,83	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,2881	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2984	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 43.54$	$N_q = 30.77$	$N_\gamma = 33.18$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,94$	$i_q = 0,94$	$i_\gamma = 0,85$
<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.			
	$N'_c = 45.77$	$N'_q = 30.66$	$N'_\gamma = 29.87$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.09
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	99.84

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	56,25	0,38	10,12
3	0,15	112,50	1,52	20,24
4	0,22	168,75	3,42	30,36
5	0,30	225,00	6,07	40,48
6	0,38	281,25	9,49	50,60
7	0,45	337,50	13,66	60,72
8	0,53	393,75	18,60	70,84
9	0,60	450,00	24,29	80,96
10	0,67	506,25	30,74	91,08
11	0,75	562,50	37,95	101,20
12	0,82	618,75	45,93	111,73
13	0,90	675,00	54,78	125,06
14	0,97	731,25	64,80	143,00
15	1,05	787,50	76,35	165,61
16	1,13	843,75	89,75	192,10
17	1,20	900,00	105,20	220,03
18	1,27	956,25	122,75	248,01
19	1,35	1012,50	142,40	275,91
20	1,43	1068,75	164,13	303,65
21	1,50	1125,00	187,94	331,34

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	2,35	94,13
3	0,10	9,42	188,45
4	0,15	21,20	282,98
5	0,20	37,72	377,71
6	0,25	58,98	472,64
7	0,30	84,98	567,76
8	0,35	115,75	663,09
9	0,40	151,30	758,62
10	0,45	191,62	854,34
11	0,50	236,73	950,27

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,05	-2,22	-88,86
3	0,10	-8,88	-177,79
4	0,15	-19,99	-266,79
5	0,20	-35,53	-355,86
6	0,25	-55,52	-445,00
7	0,30	-79,95	-534,21
8	0,35	-107,89	-585,99
9	0,40	-138,39	-637,84
10	0,45	-171,46	-689,76
11	0,50	-207,10	-741,75

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 5

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
V <sub>Rd</sub>	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0	0	1000,00	13007	--	--
2	0,07	100, 30	10,05	10,05	419214	-2828	7452,68	13015	--	--
3	0,15	100, 30	10,05	10,05	413085	-5574	3671,87	13023	--	--
4	0,22	100, 30	10,05	10,05	407134	-8241	2412,65	13030	--	--
5	0,30	100, 30	10,05	10,05	401351	-10832	1783,78	13038	--	--
6	0,38	100, 30	10,05	10,05	391866	-13220	1393,30	13045	--	--
7	0,45	100, 30	10,05	10,05	372517	-15080	1103,75	13053	--	--
8	0,53	100, 30	10,05	10,05	353631	-16702	898,11	13061	--	--
9	0,60	100, 30	10,05	10,05	335867	-18129	746,37	13068	--	--
10	0,67	100, 30	10,05	10,05	318756	-19356	629,64	13076	--	--
11	0,75	100, 30	10,05	10,05	302614	-20417	537,98	13083	--	--
12	0,82	100, 30	10,05	10,05	287555	-21344	464,74	13091	--	--
13	0,90	100, 30	10,05	10,05	272949	-22151	404,37	13098	--	--
14	0,97	100, 30	10,05	10,05	258563	-22914	353,59	13106	--	--
15	1,05	100, 30	10,05	10,05	243674	-23624	309,43	13114	--	--
16	1,13	100, 30	10,05	10,05	228642	-24320	270,98	13121	--	--
17	1,20	100, 30	10,05	10,05	212725	-24865	236,36	13129	--	--
18	1,27	100, 30	10,05	10,05	197113	-25303	206,13	13136	--	--
19	1,35	100, 30	10,05	10,05	177339	-24941	175,15	13144	--	--
20	1,43	100, 30	10,05	10,05	158653	-24365	148,45	13152	--	--
21	1,50	100, 30	10,05	10,05	142001	-23723	126,22	13159	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 5

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

### Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 40	8,04	8,04	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,05	100, 40	8,04	8,04	0	11345	4822,87	15220	--	--
3	0,10	100, 40	8,04	8,04	0	11345	1204,86	15220	--	--
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0	11345	535,12	15220	--	--
5	0,20	100, 40	8,04	8,04	0	11345	300,79	15220	--	--
6	0,25	100, 40	8,04	8,04	0	11345	192,37	15220	--	--
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0	11345	133,50	15220	--	--
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0	11345	98,01	15220	--	--
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0	11345	74,99	15220	--	--
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0	11345	59,21	15220	--	--
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0	11345	47,92	15220	--	--

### Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 40	16,08	8,04	0	0	1000,00	15220	--	--
2	0,05	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	10038,47	15220	--	--
3	0,10	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	2509,57	15220	--	--
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	567,63	15220	--	--
5	0,20	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	627,37	15220	--	--
6	0,25	100, 40	16,08	8,04	0	-22292	401,51	15220	--	--
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	141,90	15220	--	--
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	105,16	15220	--	--
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	81,98	15220	--	--
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	66,17	15220	--	--
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0	-11345	54,78	15220	--	--

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=30 [cm]

A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]

Sollecitazioni M=169,1 [kgm] T=845,2 [kg]

Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 8192,23 [kgm]

Coeff.sicurezza sezione = 48,44

### COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	21,41	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,08	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	7,43	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	78,18	[°]		
Incremento sismico della spinta	558,18	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	74,43	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]
Inerzia del muro	715,18	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-357,59	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	404,55	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-202,27	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1663,35	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	3790,15	[kg]		
Resistenza passiva dente di fondazione	-2268,69	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1745,93	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3670,81	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	3790,15	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1663,35	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,14	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Risultante in fondazione	4139,08	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,69	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	538,71	[kgm]		

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.10
--	------

**COMBINAZIONE n° 7**

Valore della spinta statica	21,41	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,08	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	7,43	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	78,18	[°]		

Incremento sismico della spinta	1416,95	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	70,00	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]
Inerzia del muro	715,18	[kg]		
Inerzia verticale del muro	357,59	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	404,55	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	202,27	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2468,81	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	5207,72	[kg]		
Resistenza passiva dente di fondazione	-3056,34	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1895,63	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	4518,08	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	5207,72	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2468,81	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,15	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Risultante in fondazione	5763,28	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	25,36	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	762,57	[kgm]		

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.38
--	------

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 8

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]  
Ctn, Ctt contributo tiranti espresso in [kg]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,53 Y[m]= 1,58

Raggio del cerchio R[m]= 3,92

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,96

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,30

Larghezza della striscia dx[m]= 0,25

Coefficiente di sicurezza C= 3.62

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u	Ctn	Ctt
1	990,07	71.82	940,63	0,80	32.20	0,25	0,00	---	---
2	1197,44	62.03	1057,58	0,53	34.36	0,50	0,00	---	---
3	1295,65	54.93	1060,49	0,44	34.36	0,50	0,00	---	---
4	1345,80	48.96	1015,02	0,38	34.36	0,50	0,00	---	---
5	1365,24	43.64	942,11	0,35	34.36	0,50	0,00	---	---
6	1362,13	38.76	852,70	0,32	34.36	0,50	0,00	---	---
7	1341,15	34.19	753,71	0,30	34.36	0,50	0,00	---	---
8	1305,28	29.87	650,01	0,29	34.36	0,50	0,00	---	---
9	1256,52	25.72	545,34	0,28	34.36	0,50	0,00	---	---
10	1196,28	21.72	442,67	0,27	34.36	0,50	0,00	---	---
11	1128,23	17.82	345,32	0,26	34.36	0,50	0,00	---	---
12	1194,18	14.01	289,13	0,26	34.36	0,50	0,00	---	---
13	1213,04	10.26	216,11	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
14	1363,37	6.56	155,71	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
15	826,17	2.88	41,52	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
16	472,75	-0.78	-6,47	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
17	435,70	-4.45	-33,83	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
18	400,19	-8.14	-56,66	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
19	374,68	-11.86	-77,01	0,26	30.44	0,05	0,00	---	---
20	343,75	-15.63	-92,64	0,26	30.44	0,05	0,00	---	---
21	304,24	-19.48	-101,45	0,27	30.44	0,05	0,00	---	---
22	255,16	-23.42	-101,41	0,27	30.44	0,05	0,00	---	---
23	195,71	-27.48	-90,30	0,28	30.44	0,05	0,00	---	---
24	124,77	-31.69	-65,55	0,29	30.44	0,05	0,00	---	---
25	40,75	-36.11	-24,02	0,31	30.44	0,05	0,00	---	---

$\Sigma W_i = 21328,24$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 8658,71$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 11783,12$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 28846,82$  [kg]

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 9

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]  
Ctn, Ctt contributo tiranti espresso in [kg]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,53 Y[m]= 1,58

Raggio del cerchio R[m]= 3,92

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,96

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,30

Larghezza della striscia dx[m]= 0,25

Coefficiente di sicurezza C= 3.97

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u	Ctn	Ctt
1	990,07	71.82	940,63	0,80	32.20	0,25	0,00	---	---
2	1197,44	62.03	1057,58	0,53	34.36	0,50	0,00	---	---
3	1295,65	54.93	1060,49	0,44	34.36	0,50	0,00	---	---
4	1345,80	48.96	1015,02	0,38	34.36	0,50	0,00	---	---
5	1365,24	43.64	942,11	0,35	34.36	0,50	0,00	---	---
6	1362,13	38.76	852,70	0,32	34.36	0,50	0,00	---	---
7	1341,15	34.19	753,71	0,30	34.36	0,50	0,00	---	---
8	1305,28	29.87	650,01	0,29	34.36	0,50	0,00	---	---
9	1256,52	25.72	545,34	0,28	34.36	0,50	0,00	---	---
10	1196,28	21.72	442,67	0,27	34.36	0,50	0,00	---	---
11	1128,23	17.82	345,32	0,26	34.36	0,50	0,00	---	---
12	1194,18	14.01	289,13	0,26	34.36	0,50	0,00	---	---
13	1213,04	10.26	216,11	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
14	1363,37	6.56	155,71	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
15	826,17	2.88	41,52	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
16	472,75	-0.78	-6,47	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
17	435,70	-4.45	-33,83	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
18	400,19	-8.14	-56,66	0,25	34.36	0,50	0,00	---	---
19	374,68	-11.86	-77,01	0,26	30.44	0,05	0,00	---	---
20	343,75	-15.63	-92,64	0,26	30.44	0,05	0,00	---	---
21	304,24	-19.48	-101,45	0,27	30.44	0,05	0,00	---	---
22	255,16	-23.42	-101,41	0,27	30.44	0,05	0,00	---	---
23	195,71	-27.48	-90,30	0,28	30.44	0,05	0,00	---	---
24	124,77	-31.69	-65,55	0,29	30.44	0,05	0,00	---	---
25	40,75	-36.11	-24,02	0,31	30.44	0,05	0,00	---	---

$\Sigma W_i = 21328,24$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 8658,71$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 11783,12$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 28846,82$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica

21,41 [kg]

Componente orizzontale della spinta statica

20,08 [kg]

Componente verticale della spinta statica

7,43 [kg]

Punto d'applicazione della spinta

X = 0,50

[m]

Y = -1,14

[m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	78,18	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20,08	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4156,42	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1815,65	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4156,42	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20,08	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	4156,47	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	0,28	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-702,26	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	236843,76	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,0704	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5690	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 43.54$	$N_q = 30.77$	$N_\gamma = 33.18$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,83$	$i_q = 0,83$	$i_\gamma = 0,60$
<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.			
	$N'_c = 40.53$	$N'_q = 27.14$	$N'_\gamma = 20.94$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	142.68
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	56.98



## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 10

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	56,25	0,00	0,00
3	0,15	112,50	0,00	0,00
4	0,22	168,75	0,00	0,00
5	0,30	225,00	0,00	0,00
6	0,38	281,25	0,00	0,00
7	0,45	337,50	0,00	0,00
8	0,53	393,75	0,00	0,00
9	0,60	450,00	0,00	0,00
10	0,67	506,25	0,00	0,00
11	0,75	562,50	0,00	0,00
12	0,82	618,75	0,00	0,26
13	0,90	675,00	0,08	2,33
14	0,97	731,25	0,43	7,36
15	1,05	787,50	1,26	15,41
16	1,13	843,75	2,80	25,94
17	1,20	900,00	5,18	37,41
18	1,27	956,25	8,42	48,91
19	1,35	1012,50	12,51	60,35
20	1,43	1068,75	17,47	71,70
21	1,50	1125,00	23,27	83,01

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 10

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	-0,29	-10,01
3	0,10	-0,84	-10,42
4	0,15	-1,17	-1,25
5	0,20	-0,81	17,52
6	0,25	0,74	45,87
7	0,30	3,94	83,81
8	0,35	9,28	131,34
9	0,40	17,23	188,46
10	0,45	28,29	255,17
11	0,50	42,91	331,47

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 10

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,05	1,08	41,75
3	0,10	4,02	74,03
4	0,15	8,34	96,86
5	0,20	13,58	110,23
6	0,25	19,26	114,13
7	0,30	24,92	108,58
8	0,35	31,02	131,07
9	0,40	38,03	144,10
10	0,45	45,48	147,67
11	0,50	52,90	141,78

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 10

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	100, 30	10,05	10,05	0,02	0,00	-0,26	-0,26
3	0,15	100, 30	10,05	10,05	0,03	0,00	-0,51	-0,51
4	0,22	100, 30	10,05	10,05	0,05	0,00	-0,77	-0,77
5	0,30	100, 30	10,05	10,05	0,07	0,00	-1,02	-1,02
6	0,38	100, 30	10,05	10,05	0,09	0,00	-1,28	-1,28
7	0,45	100, 30	10,05	10,05	0,10	0,00	-1,53	-1,53
8	0,53	100, 30	10,05	10,05	0,12	0,00	-1,79	-1,79
9	0,60	100, 30	10,05	10,05	0,14	0,00	-2,04	-2,04
10	0,67	100, 30	10,05	10,05	0,15	0,00	-2,30	-2,30
11	0,75	100, 30	10,05	10,05	0,17	0,00	-2,56	-2,56
12	0,82	100, 30	10,05	10,05	0,19	0,00	-2,81	-2,81
13	0,90	100, 30	10,05	10,05	0,20	0,00	-3,06	-3,07
14	0,97	100, 30	10,05	10,05	0,22	0,00	-3,29	-3,35
15	1,05	100, 30	10,05	10,05	0,25	0,01	-3,49	-3,66
16	1,13	100, 30	10,05	10,05	0,27	0,01	-3,65	-4,02
17	1,20	100, 30	10,05	10,05	0,30	0,02	-3,74	-4,44
18	1,27	100, 30	10,05	10,05	0,34	0,02	-3,78	-4,91
19	1,35	100, 30	10,05	10,05	0,38	0,03	-3,76	-5,44
20	1,43	100, 30	10,05	10,05	0,42	0,03	-3,68	-6,03
21	1,50	100, 30	10,05	10,05	0,47	0,04	-3,55	-6,67

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 10

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,00	-0,02	0,10
3	0,10	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,00	-0,05	0,30
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,00	-0,07	0,42
5	0,20	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,01	-0,05	0,29
6	0,25	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,01	0,27	-0,04
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0,02	0,03	1,43	-0,23
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0,06	0,04	3,36	-0,54
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0,11	0,06	6,24	-1,00
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0,18	0,08	10,24	-1,64
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0,27	0,11	15,53	-2,49

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 40	16,08	8,04	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 40	16,08	8,04	0,01	0,01	0,39	-0,06
3	0,10	100, 40	16,08	8,04	0,02	0,02	1,45	-0,20
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0,05	0,03	3,02	-0,48
5	0,20	100, 40	16,08	8,04	0,08	0,04	4,90	-0,69
6	0,25	100, 40	16,08	8,04	0,11	0,04	6,96	-0,98
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0,16	0,03	9,02	-1,45
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0,20	0,04	11,22	-1,80
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0,24	0,05	13,76	-2,21
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0,29	0,05	16,46	-2,64
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0,34	0,05	19,14	-3,07

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=30 [cm]

A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]

Sollecitazioni M=4,0 [kgm] T=20,1 [kg]

Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 8192,23 [kgm]

Coeff.sicurezza sezione = 2038,81

## Verifiche a fessurazione

### Combinazione n° 10

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

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M<sub>pr</sub> Momento di prima fessurazione espressa in [kgm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kgm]

ε<sub>m</sub> deformazione media espressa in [%]

s<sub>m</sub> Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pr</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
----	---	-----------------	-----------------	-----------------	---	----------------	----------------	---

1	0,00	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
2	0,07	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
3	0,15	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
4	0,22	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
5	0,30	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
6	0,38	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
7	0,45	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
8	0,53	10,05	10,05	2457	0	0,0000	0,00	0,000
9	0,60	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
10	0,67	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
11	0,75	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
12	0,82	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
13	0,90	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
14	0,97	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
15	1,05	10,05	10,05	-2457	-1	0,0000	0,00	0,000
16	1,13	10,05	10,05	-2457	-3	0,0000	0,00	0,000
17	1,20	10,05	10,05	-2457	-5	0,0000	0,00	0,000
18	1,27	10,05	10,05	-2457	-8	0,0000	0,00	0,000
19	1,35	10,05	10,05	-2457	-13	0,0000	0,00	0,000
20	1,43	10,05	10,05	-2457	-17	0,0000	0,00	0,000
21	1,50	10,05	10,05	-2457	-23	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	E <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	-0,80	8,04	8,04	-4193	0	0,0000	0,00	0,000
2	-0,75	8,04	8,04	-4193	0	0,0000	0,00	0,000
3	-0,70	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
4	-0,65	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
5	-0,60	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
6	-0,55	8,04	8,04	4193	1	0,0000	0,00	0,000
7	-0,50	8,04	8,04	4193	4	0,0000	0,00	0,000
8	-0,45	8,04	8,04	4193	9	0,0000	0,00	0,000
9	-0,40	8,04	8,04	4193	17	0,0000	0,00	0,000
10	-0,35	8,04	8,04	4193	28	0,0000	0,00	0,000
11	-0,30	8,04	8,04	4193	43	0,0000	0,00	0,000
12	0,00	8,04	8,04	4193	53	0,0000	0,00	0,000
13	0,05	8,04	8,04	4193	45	0,0000	0,00	0,000
14	0,10	8,04	8,04	4193	38	0,0000	0,00	0,000
15	0,15	8,04	8,04	4193	31	0,0000	0,00	0,000
16	0,20	8,04	8,04	4193	25	0,0000	0,00	0,000
17	0,25	16,08	8,04	4251	19	0,0000	0,00	0,000
18	0,30	16,08	8,04	4251	14	0,0000	0,00	0,000
19	0,35	8,04	8,04	4193	8	0,0000	0,00	0,000
20	0,40	16,08	8,04	4251	4	0,0000	0,00	0,000
21	0,45	16,08	8,04	4251	1	0,0000	0,00	0,000
22	0,50	16,08	8,04	-4487	0	0,0000	0,00	0,000

COMBINAZIONE n° 11

Valore della spinta statica	21,41	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,08	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	7,43	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	78,18	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20,08	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4156,42	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1815,65	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4156,42	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20,08	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	4156,47	[kg]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	0,28	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-702,26	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	236843,76	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,0704	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5690	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 43.54$	$N_q = 30.77$	$N_\gamma = 33.18$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,83$	$i_q = 0,83$	$i_\gamma = 0,60$
<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.			
	$N'_c = 40.53$	$N'_q = 27.14$	$N'_\gamma = 20.94$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	142.68
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	56.98

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 11

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	56,25	0,00	0,00
3	0,15	112,50	0,00	0,00
4	0,22	168,75	0,00	0,00
5	0,30	225,00	0,00	0,00
6	0,38	281,25	0,00	0,00
7	0,45	337,50	0,00	0,00
8	0,53	393,75	0,00	0,00
9	0,60	450,00	0,00	0,00
10	0,67	506,25	0,00	0,00
11	0,75	562,50	0,00	0,00
12	0,82	618,75	0,00	0,26
13	0,90	675,00	0,08	2,33
14	0,97	731,25	0,43	7,36
15	1,05	787,50	1,26	15,41
16	1,13	843,75	2,80	25,94
17	1,20	900,00	5,18	37,41
18	1,27	956,25	8,42	48,91
19	1,35	1012,50	12,51	60,35
20	1,43	1068,75	17,47	71,70
21	1,50	1125,00	23,27	83,01

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 11

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	-0,29	-10,01
3	0,10	-0,84	-10,42
4	0,15	-1,17	-1,25
5	0,20	-0,81	17,52
6	0,25	0,74	45,87
7	0,30	3,94	83,81
8	0,35	9,28	131,34
9	0,40	17,23	188,46
10	0,45	28,29	255,17
11	0,50	42,91	331,47

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 11

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,05	1,08	41,75
3	0,10	4,02	74,03
4	0,15	8,34	96,86
5	0,20	13,58	110,23
6	0,25	19,26	114,13
7	0,30	24,92	108,58
8	0,35	31,02	131,07
9	0,40	38,03	144,10
10	0,45	45,48	147,67
11	0,50	52,90	141,78

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 11

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	100, 30	10,05	10,05	0,02	0,00	-0,26	-0,26
3	0,15	100, 30	10,05	10,05	0,03	0,00	-0,51	-0,51
4	0,22	100, 30	10,05	10,05	0,05	0,00	-0,77	-0,77
5	0,30	100, 30	10,05	10,05	0,07	0,00	-1,02	-1,02
6	0,38	100, 30	10,05	10,05	0,09	0,00	-1,28	-1,28
7	0,45	100, 30	10,05	10,05	0,10	0,00	-1,53	-1,53
8	0,53	100, 30	10,05	10,05	0,12	0,00	-1,79	-1,79
9	0,60	100, 30	10,05	10,05	0,14	0,00	-2,04	-2,04
10	0,67	100, 30	10,05	10,05	0,15	0,00	-2,30	-2,30
11	0,75	100, 30	10,05	10,05	0,17	0,00	-2,56	-2,56
12	0,82	100, 30	10,05	10,05	0,19	0,00	-2,81	-2,81
13	0,90	100, 30	10,05	10,05	0,20	0,00	-3,06	-3,07
14	0,97	100, 30	10,05	10,05	0,22	0,00	-3,29	-3,35
15	1,05	100, 30	10,05	10,05	0,25	0,01	-3,49	-3,66
16	1,13	100, 30	10,05	10,05	0,27	0,01	-3,65	-4,02
17	1,20	100, 30	10,05	10,05	0,30	0,02	-3,74	-4,44
18	1,27	100, 30	10,05	10,05	0,34	0,02	-3,78	-4,91
19	1,35	100, 30	10,05	10,05	0,38	0,03	-3,76	-5,44
20	1,43	100, 30	10,05	10,05	0,42	0,03	-3,68	-6,03
21	1,50	100, 30	10,05	10,05	0,47	0,04	-3,55	-6,67

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 11

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,00	-0,02	0,10
3	0,10	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,00	-0,05	0,30
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,00	-0,07	0,42
5	0,20	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,01	-0,05	0,29
6	0,25	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,01	0,27	-0,04
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0,02	0,03	1,43	-0,23
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0,06	0,04	3,36	-0,54
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0,11	0,06	6,24	-1,00
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0,18	0,08	10,24	-1,64
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0,27	0,11	15,53	-2,49

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 40	16,08	8,04	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 40	16,08	8,04	0,01	0,01	0,39	-0,06
3	0,10	100, 40	16,08	8,04	0,02	0,02	1,45	-0,20
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0,05	0,03	3,02	-0,48
5	0,20	100, 40	16,08	8,04	0,08	0,04	4,90	-0,69
6	0,25	100, 40	16,08	8,04	0,11	0,04	6,96	-0,98
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0,16	0,03	9,02	-1,45
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0,20	0,04	11,22	-1,80
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0,24	0,05	13,76	-2,21
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0,29	0,05	16,46	-2,64
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0,34	0,05	19,14	-3,07

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=30 [cm]

A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]

Sollecitazioni M=4,0 [kgm] T=20,1 [kg]

Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 8192,23 [kgm]

Coeff.sicurezza sezione = 2038,81

## Verifiche a fessurazione

### Combinazione n° 11

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

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M<sub>pr</sub> Momento di prima fessurazione espressa in [kgm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kgm]

ε<sub>m</sub> deformazione media espressa in [%]

s<sub>m</sub> Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pr</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
----	---	-----------------	-----------------	-----------------	---	----------------	----------------	---



1	0,00	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
2	0,07	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
3	0,15	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
4	0,22	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
5	0,30	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
6	0,38	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
7	0,45	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
8	0,53	10,05	10,05	2457	0	0,0000	0,00	0,000
9	0,60	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
10	0,67	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
11	0,75	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
12	0,82	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
13	0,90	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
14	0,97	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
15	1,05	10,05	10,05	-2457	-1	0,0000	0,00	0,000
16	1,13	10,05	10,05	-2457	-3	0,0000	0,00	0,000
17	1,20	10,05	10,05	-2457	-5	0,0000	0,00	0,000
18	1,27	10,05	10,05	-2457	-8	0,0000	0,00	0,000
19	1,35	10,05	10,05	-2457	-13	0,0000	0,00	0,000
20	1,43	10,05	10,05	-2457	-17	0,0000	0,00	0,000
21	1,50	10,05	10,05	-2457	-23	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	E <sub>m</sub>	S <sub>m</sub>	w
1	-0,80	8,04	8,04	-4193	0	0,0000	0,00	0,000
2	-0,75	8,04	8,04	-4193	0	0,0000	0,00	0,000
3	-0,70	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
4	-0,65	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
5	-0,60	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
6	-0,55	8,04	8,04	4193	1	0,0000	0,00	0,000
7	-0,50	8,04	8,04	4193	4	0,0000	0,00	0,000
8	-0,45	8,04	8,04	4193	9	0,0000	0,00	0,000
9	-0,40	8,04	8,04	4193	17	0,0000	0,00	0,000
10	-0,35	8,04	8,04	4193	28	0,0000	0,00	0,000
11	-0,30	8,04	8,04	4193	43	0,0000	0,00	0,000
12	0,00	8,04	8,04	4193	53	0,0000	0,00	0,000
13	0,05	8,04	8,04	4193	45	0,0000	0,00	0,000
14	0,10	8,04	8,04	4193	38	0,0000	0,00	0,000
15	0,15	8,04	8,04	4193	31	0,0000	0,00	0,000
16	0,20	8,04	8,04	4193	25	0,0000	0,00	0,000
17	0,25	16,08	8,04	4251	19	0,0000	0,00	0,000
18	0,30	16,08	8,04	4251	14	0,0000	0,00	0,000
19	0,35	8,04	8,04	4193	8	0,0000	0,00	0,000
20	0,40	16,08	8,04	4251	4	0,0000	0,00	0,000
21	0,45	16,08	8,04	4251	1	0,0000	0,00	0,000
22	0,50	16,08	8,04	-4487	0	0,0000	0,00	0,000

COMBINAZIONE n° 12

Valore della spinta statica	21,41	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	20,08	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	7,43	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,14	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	78,18	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1499,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,25	[m]	Y = -0,75	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20,08	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4156,42	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1815,65	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4156,42	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20,08	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Risultante in fondazione	4156,47	[kg]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	0,28	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-702,26	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	236843,76	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,0704	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5690	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 43.54$	$N_q = 30.77$	$N_\gamma = 33.18$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,83$	$i_q = 0,83$	$i_\gamma = 0,60$
<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.			
	$N'_c = 40.53$	$N'_q = 27.14$	$N'_\gamma = 20.94$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	142.68
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	56.98

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 12

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	56,25	0,00	0,00
3	0,15	112,50	0,00	0,00
4	0,22	168,75	0,00	0,00
5	0,30	225,00	0,00	0,00
6	0,38	281,25	0,00	0,00
7	0,45	337,50	0,00	0,00
8	0,53	393,75	0,00	0,00
9	0,60	450,00	0,00	0,00
10	0,67	506,25	0,00	0,00
11	0,75	562,50	0,00	0,00
12	0,82	618,75	0,00	0,26
13	0,90	675,00	0,08	2,33
14	0,97	731,25	0,43	7,36
15	1,05	787,50	1,26	15,41
16	1,13	843,75	2,80	25,94
17	1,20	900,00	5,18	37,41
18	1,27	956,25	8,42	48,91
19	1,35	1012,50	12,51	60,35
20	1,43	1068,75	17,47	71,70
21	1,50	1125,00	23,27	83,01

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 12

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	-0,29	-10,01
3	0,10	-0,84	-10,42
4	0,15	-1,17	-1,25
5	0,20	-0,81	17,52
6	0,25	0,74	45,87
7	0,30	3,94	83,81
8	0,35	9,28	131,34
9	0,40	17,23	188,46
10	0,45	28,29	255,17
11	0,50	42,91	331,47

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 12

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,05	1,08	41,75
3	0,10	4,02	74,03
4	0,15	8,34	96,86
5	0,20	13,58	110,23
6	0,25	19,26	114,13
7	0,30	24,92	108,58
8	0,35	31,02	131,07
9	0,40	38,03	144,10
10	0,45	45,48	147,67
11	0,50	52,90	141,78

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 12

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,07	100, 30	10,05	10,05	0,02	0,00	-0,26	-0,26
3	0,15	100, 30	10,05	10,05	0,03	0,00	-0,51	-0,51
4	0,22	100, 30	10,05	10,05	0,05	0,00	-0,77	-0,77
5	0,30	100, 30	10,05	10,05	0,07	0,00	-1,02	-1,02
6	0,38	100, 30	10,05	10,05	0,09	0,00	-1,28	-1,28
7	0,45	100, 30	10,05	10,05	0,10	0,00	-1,53	-1,53
8	0,53	100, 30	10,05	10,05	0,12	0,00	-1,79	-1,79
9	0,60	100, 30	10,05	10,05	0,14	0,00	-2,04	-2,04
10	0,67	100, 30	10,05	10,05	0,15	0,00	-2,30	-2,30
11	0,75	100, 30	10,05	10,05	0,17	0,00	-2,56	-2,56
12	0,82	100, 30	10,05	10,05	0,19	0,00	-2,81	-2,81
13	0,90	100, 30	10,05	10,05	0,20	0,00	-3,06	-3,07
14	0,97	100, 30	10,05	10,05	0,22	0,00	-3,29	-3,35
15	1,05	100, 30	10,05	10,05	0,25	0,01	-3,49	-3,66
16	1,13	100, 30	10,05	10,05	0,27	0,01	-3,65	-4,02
17	1,20	100, 30	10,05	10,05	0,30	0,02	-3,74	-4,44
18	1,27	100, 30	10,05	10,05	0,34	0,02	-3,78	-4,91
19	1,35	100, 30	10,05	10,05	0,38	0,03	-3,76	-5,44
20	1,43	100, 30	10,05	10,05	0,42	0,03	-3,68	-6,03
21	1,50	100, 30	10,05	10,05	0,47	0,04	-3,55	-6,67

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 12

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,00	-0,02	0,10
3	0,10	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,00	-0,05	0,30
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,00	-0,07	0,42
5	0,20	100, 40	8,04	8,04	0,01	0,01	-0,05	0,29
6	0,25	100, 40	8,04	8,04	0,00	0,01	0,27	-0,04
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0,02	0,03	1,43	-0,23
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0,06	0,04	3,36	-0,54
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0,11	0,06	6,24	-1,00
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0,18	0,08	10,24	-1,64
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0,27	0,11	15,53	-2,49

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 40	16,08	8,04	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 40	16,08	8,04	0,01	0,01	0,39	-0,06
3	0,10	100, 40	16,08	8,04	0,02	0,02	1,45	-0,20
4	0,15	100, 40	8,04	8,04	0,05	0,03	3,02	-0,48
5	0,20	100, 40	16,08	8,04	0,08	0,04	4,90	-0,69
6	0,25	100, 40	16,08	8,04	0,11	0,04	6,96	-0,98
7	0,30	100, 40	8,04	8,04	0,16	0,03	9,02	-1,45
8	0,35	100, 40	8,04	8,04	0,20	0,04	11,22	-1,80
9	0,40	100, 40	8,04	8,04	0,24	0,05	13,76	-2,21
10	0,45	100, 40	8,04	8,04	0,29	0,05	16,46	-2,64
11	0,50	100, 40	8,04	8,04	0,34	0,05	19,14	-3,07

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=30 [cm]

A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]

Sollecitazioni M=4,0 [kgm] T=20,1 [kg]

Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 8192,23 [kgm]

Coeff.sicurezza sezione = 2038,81

## Verifiche a fessurazione

### Combinazione n° 12

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

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M<sub>pr</sub> Momento di prima fessurazione espressa in [kgm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kgm]

ε<sub>m</sub> deformazione media espressa in [%]

s<sub>m</sub> Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pr</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
----	---	-----------------	-----------------	-----------------	---	----------------	----------------	---

1	0,00	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
2	0,07	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
3	0,15	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
4	0,22	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
5	0,30	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
6	0,38	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
7	0,45	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
8	0,53	10,05	10,05	2457	0	0,0000	0,00	0,000
9	0,60	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
10	0,67	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
11	0,75	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
12	0,82	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
13	0,90	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
14	0,97	10,05	10,05	-2457	0	0,0000	0,00	0,000
15	1,05	10,05	10,05	-2457	-1	0,0000	0,00	0,000
16	1,13	10,05	10,05	-2457	-3	0,0000	0,00	0,000
17	1,20	10,05	10,05	-2457	-5	0,0000	0,00	0,000
18	1,27	10,05	10,05	-2457	-8	0,0000	0,00	0,000
19	1,35	10,05	10,05	-2457	-13	0,0000	0,00	0,000
20	1,43	10,05	10,05	-2457	-17	0,0000	0,00	0,000
21	1,50	10,05	10,05	-2457	-23	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
1	-0,80	8,04	8,04	-4193	0	0,0000	0,00	0,000
2	-0,75	8,04	8,04	-4193	0	0,0000	0,00	0,000
3	-0,70	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
4	-0,65	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
5	-0,60	8,04	8,04	-4193	-1	0,0000	0,00	0,000
6	-0,55	8,04	8,04	4193	1	0,0000	0,00	0,000
7	-0,50	8,04	8,04	4193	4	0,0000	0,00	0,000
8	-0,45	8,04	8,04	4193	9	0,0000	0,00	0,000
9	-0,40	8,04	8,04	4193	17	0,0000	0,00	0,000
10	-0,35	8,04	8,04	4193	28	0,0000	0,00	0,000
11	-0,30	8,04	8,04	4193	43	0,0000	0,00	0,000
12	0,00	8,04	8,04	4193	53	0,0000	0,00	0,000
13	0,05	8,04	8,04	4193	45	0,0000	0,00	0,000
14	0,10	8,04	8,04	4193	38	0,0000	0,00	0,000
15	0,15	8,04	8,04	4193	31	0,0000	0,00	0,000
16	0,20	8,04	8,04	4193	25	0,0000	0,00	0,000
17	0,25	16,08	8,04	4251	19	0,0000	0,00	0,000
18	0,30	16,08	8,04	4251	14	0,0000	0,00	0,000
19	0,35	8,04	8,04	4193	8	0,0000	0,00	0,000
20	0,40	16,08	8,04	4251	4	0,0000	0,00	0,000
21	0,45	16,08	8,04	4251	1	0,0000	0,00	0,000
22	0,50	16,08	8,04	-4487	0	0,0000	0,00	0,000

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

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

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

#### Tipo di analisi svolta

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

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

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

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

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

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	14.00
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)

#### 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.

Luogo e data

\_\_\_\_\_

Il progettista  
( )

\_\_\_\_\_

Progetto: Muro TIPO B - H250  
Ditta:  
Comune:  
Progettista:  
Direttore dei Lavori:  
Impresa:

## 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 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

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



## 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  $p$  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 parete 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  $M_s/M_r$  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 diseuguaglianza

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

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

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## 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

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

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppatasi lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, inclinato dell'angolo  $\rho$  (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale. Detta  $N$  la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione,  $Q$  l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo,  $S_p$  la resistenza passiva,  $L_c$  l'ampiezza del cuneo 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

$$F_r = (N - Q) \tan \delta_f + S_p + c_a L_c$$

con  $L_c = B_f - L_e$

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:

$$Q_u = c N_c d_{c,i} + q N_q d_{q,i} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_{\gamma,i}$$

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:

$$A = e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_q = A \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

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

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

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

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:

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

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

$$i_r = 0 \quad \text{per} \quad \phi = 0$$

## 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.

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

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  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 e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Normativa

### N.T.C. 2018

#### 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 uniassiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,30	1,10
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 uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

#### 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	1,10
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	1,00	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,00	1,00	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 mensola in c.a.
Altezza del paramento	2,50 [m]
Spessore in sommità	0,30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<b>Fondazione</b>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1,70 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,50 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]
Altezza dello sperone di fondazione	0,50 [m]
Spessore dello sperone di fondazione	0,40 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

### Calcestruzzo

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	305,9 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	320665,55 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Acciaio

Tipo	B450C
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	4588,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## 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	16,00	0,00	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	10,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	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	$c_a$
litotipo 1	1990	2000	30.44	20.29	0,046	0,000
litotipo 2	2080	2080	34.36	34.36	0,500	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	4,50	15,00	2,17	0,00	litotipo 1
2	5,00	0,00	0,00	0,00	litotipo 2





## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

<i>F/S</i>	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 EQU (SLU)

	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° 3 - 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° 4 - 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° 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 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° 7 - 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° 8 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

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

#### Combinazione n° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

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

#### Combinazione n° 10 - Rara (SLE)

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

#### Combinazione n° 11 - Frequente (SLE)

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

Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Quasi Permanente (SLE)

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

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Stato limite**

**Impostazioni verifiche SLU**

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

**Impostazioni verifiche SLE**

Condizioni ambientali  
Armatura ad aderenza migliorata

Ordinarie

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature  
Valori limite delle aperture delle fessure

Poco sensibile

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

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

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

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

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

Calcolo della portanza

metodo di Meyerhof

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

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

**Impostazioni avanzate**

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

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>sco</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>rib</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>qlim</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>stab</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>sco</sub></b>	<b>CS<sub>rib</sub></b>	<b>CS<sub>qlim</sub></b>	<b>CS<sub>stab</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	2,52	--	9,26	--
2	EQU - [1]	--	--	17,11	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,65
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,34	--	6,86	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,26	--	7,24	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,55	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,96	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,51
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,49
10	SLER - [1]	--	3,67	--	9,79	--
11	SLEF - [1]	--	3,67	--	9,79	--
12	SLEQ - [1]	--	3,67	--	9,79	--

## 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 Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

### Sisma

#### **Identificazione del sito**

Latitudine	39.228790
Longitudine	16.272116
Comune	Paterno Calabro
Provincia	Cosenza
Regione	Calabria

Punti di interpolazione del reticolo	40114 - 40336 - 40337 - 40115
--------------------------------------	-------------------------------

#### **Tipo di opera**

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T2

#### **Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo $a_g$	3.15 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.23
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 17.99$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 9.00$

#### **Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo $a_g$	1.14 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.20
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 9.86$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 4.93$

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

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

Peso muro	5500,00 [kg]
Baricentro del muro	X=0,34 Y=-2,28

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1,70 Y = -3,50
Punto superiore superficie di spinta	X = 1,70 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	3,50 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	3109,40	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2916,39	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1078,42	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,54	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,00	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2916,39	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15035,92	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-6129,74	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15035,92	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2916,39	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Risultante in fondazione	15316,14	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,98	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2790,77	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	139204,01	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3335	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8694	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.22$	$N_q = 19.35$	$N_\gamma = 16.88$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,95$	$i_q = 0,95$	$i_\gamma = 0,86$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,03$	$d_\gamma = 1,03$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 31.78$	$N'_q = 19.05$	$N'_\gamma = 15.02$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.26

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	93,75	0,00	0,00
3	0,25	187,50	0,00	0,00
4	0,38	281,25	0,00	0,00
5	0,50	375,00	0,00	0,00
6	0,63	468,75	0,03	0,79
7	0,75	562,50	0,43	6,97
8	0,88	656,25	2,21	23,38
9	1,00	750,00	6,73	50,77
10	1,13	843,75	15,36	89,18
11	1,25	937,50	29,48	138,60
12	1,38	1031,25	50,47	199,06
13	1,50	1125,00	79,71	270,57
14	1,63	1218,75	118,58	353,12
15	1,75	1312,50	168,45	446,73
16	1,88	1406,25	230,72	551,40
17	2,00	1500,00	306,76	667,14
18	2,13	1593,75	397,96	793,93
19	2,25	1687,50	505,71	931,80
20	2,38	1781,25	631,38	1080,73
21	2,50	1875,00	776,29	1238,97

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	2,65	106,94
3	0,10	10,78	219,24
4	0,15	24,66	336,90
5	0,20	44,56	459,91
6	0,25	70,75	588,29
7	0,30	103,48	722,02
8	0,35	143,04	861,11
9	0,40	189,68	1005,56
10	0,45	243,68	1155,36
11	0,50	305,31	1310,53

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,17	-5,71	-77,55
3	0,34	-29,88	-217,04
4	0,51	-75,46	-280,97
5	0,68	-126,67	-331,85
6	0,85	-191,79	-444,67
7	1,02	-281,36	-619,42
8	1,19	-405,91	-856,12
9	1,36	-575,96	-1154,77
10	1,53	-802,04	-1515,35
11	1,70	-1094,69	-1937,87

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 1

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
V <sub>Rd</sub>	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0	0	1000,00	12581	--	--
2	0,13	100, 30	10,05	10,05	425526	0	4538,95	12593	--	--
3	0,25	100, 30	10,05	10,05	425526	0	2269,47	12604	--	--
4	0,38	100, 30	10,05	10,05	425526	0	1512,98	12616	--	--
5	0,50	100, 30	10,05	10,05	425526	0	1134,74	12628	--	--
6	0,63	100, 30	10,05	10,05	425464	-26	907,66	12640	--	--
7	0,75	100, 30	10,05	10,05	424765	-323	755,14	12651	--	--
8	0,88	100, 30	10,05	10,05	422178	-1422	643,32	12663	--	--
9	1,00	100, 30	10,05	10,05	416721	-3740	555,63	12675	--	--
10	1,13	100, 30	10,05	10,05	408035	-7430	483,60	12687	--	--
11	1,25	100, 30	10,05	10,05	393531	-12377	419,77	12698	--	--
12	1,38	100, 30	10,05	10,05	341389	-16709	331,04	12710	--	--
13	1,50	100, 30	10,05	10,05	283945	-20119	252,40	12722	--	--
14	1,63	100, 30	10,05	10,05	229611	-22340	188,40	12733	--	--
15	1,75	100, 30	10,05	10,05	181180	-23253	138,04	12745	--	--
16	1,88	100, 30	10,05	10,05	130446	-21402	92,76	12757	--	--
17	2,00	100, 30	10,05	10,05	90250	-18457	60,17	12769	--	--
18	2,13	100, 30	10,05	10,05	64705	-16157	40,60	12780	--	--
19	2,25	100, 30	10,05	10,05	48646	-14578	28,83	12792	--	--
20	2,38	100, 30	10,05	10,05	37993	-13467	21,33	12804	--	--
21	2,50	100, 30	10,05	10,05	30686	-12705	16,37	12815	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

### Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0	0	1000,00	17425	--	--
2	0,05	100, 50	10,05	10,05	0	17258	6509,42	17425	--	--
3	0,10	100, 50	10,05	10,05	0	17258	1600,40	17425	--	--
4	0,15	100, 50	10,05	10,05	0	17258	699,70	17425	--	--
5	0,20	100, 50	10,05	10,05	0	17258	387,27	17425	--	--
6	0,25	100, 50	10,05	10,05	0	17258	243,94	17425	--	--
7	0,30	100, 50	10,05	10,05	0	17258	166,77	17425	--	--
8	0,35	100, 50	10,05	10,05	0	17258	120,65	17425	--	--
9	0,40	100, 50	10,05	10,05	0	17258	90,98	17425	--	--
10	0,45	100, 50	10,05	10,05	0	17258	70,82	17425	--	--
11	0,50	100, 50	10,05	10,05	0	17258	56,53	17425	--	--

### Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	18,10	10,05	0	0	1000,00	17425	--	--
2	0,17	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	3020,13	17425	--	--
3	0,34	100, 50	18,10	10,05	0	-30410	1017,85	17425	--	--
4	0,51	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	228,71	17425	--	--
5	0,68	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	136,24	17425	--	--
6	0,85	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	89,98	17425	--	--
7	1,02	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	61,34	17425	--	--
8	1,19	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	42,52	17425	--	--
9	1,36	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	29,96	17425	--	--
10	1,53	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	21,52	17425	--	--
11	1,70	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	15,77	17425	--	--

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=40 [cm]  
A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]  
Sollecitazioni M=972,6 [kgm] T=2916,4 [kg]  
Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 10822,47 [kgm]  
Coeff.sicurezza sezione = 11,13

### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	3109,40	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2916,39	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1078,42	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,54	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,00	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]



**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2916,39	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15035,92	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-6129,74	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1340,26	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	22925,93	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15035,92	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2916,39	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Risultante in fondazione	15316,14	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,98	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2790,77	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	17.11
--	-------

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

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]  
Ctn, Ctt contributo tiranti espresso in [kg]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,51 Y[m]= 0,91

Raggio del cerchio R[m]= 5,45

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,87

Larghezza della striscia dx[m]= 0,36

Coefficiente di sicurezza C= 1.65

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u	Ctn	Ctt
1	429,32	73.54	411,72	1,26	25.18	0,04	0,00	---	---
2	1107,95	63.03	987,49	0,79	25.18	0,04	0,00	---	---
3	1542,34	55.57	1272,21	0,63	25.18	0,04	0,00	---	---
4	1875,27	49.37	1423,25	0,55	25.18	0,04	0,00	---	---
5	2145,13	43.89	1487,08	0,50	25.18	0,04	0,00	---	---
6	2369,40	38.87	1487,03	0,46	25.18	0,04	0,00	---	---
7	2725,07	34.19	1531,51	0,43	25.18	0,04	0,00	---	---
8	2826,00	29.77	1402,96	0,41	25.18	0,04	0,00	---	---
9	2940,73	25.52	1267,16	0,40	25.18	0,04	0,00	---	---
10	3051,09	21.43	1114,76	0,38	25.18	0,04	0,00	---	---
11	3212,27	17.45	963,17	0,37	25.18	0,04	0,00	---	---
12	2959,25	13.55	693,41	0,37	25.18	0,04	0,00	---	---
13	1487,16	9.72	251,04	0,36	25.18	0,04	0,00	---	---
14	1419,82	5.93	146,65	0,36	25.18	0,04	0,00	---	---
15	1385,62	2.17	52,35	0,36	25.18	0,04	0,00	---	---
16	1342,16	-1.59	-37,22	0,36	25.18	0,04	0,00	---	---
17	1282,03	-5.35	-119,54	0,36	25.18	0,04	0,00	---	---
18	1205,02	-9.13	-191,31	0,36	25.18	0,04	0,00	---	---
19	1110,70	-12.96	-249,10	0,37	25.18	0,04	0,00	---	---
20	998,36	-16.85	-289,32	0,37	25.18	0,04	0,00	---	---
21	867,01	-20.81	-308,06	0,38	25.18	0,04	0,00	---	---
22	715,21	-24.89	-300,99	0,39	25.18	0,04	0,00	---	---
23	541,01	-29.10	-263,14	0,41	25.18	0,04	0,00	---	---
24	341,70	-33.50	-188,60	0,43	25.18	0,04	0,00	---	---
25	113,42	-38.14	-70,04	0,45	25.18	0,04	0,00	---	---

$\Sigma W_i = 39993,03$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 12474,47$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 16296,12$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 4234,55$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 4

Valore della spinta statica

2088,49 [kg]

Componente orizzontale della spinta statica

1958,86 [kg]

Componente verticale della spinta statica

724,35 [kg]

Punto d'applicazione della spinta

X = 1,70

[m]

Y = -2,60

[m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,43	[°]		
Incremento sismico della spinta	1700,25	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50,56	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]
Inerzia del muro	989,56	[kg]		
Inerzia verticale del muro	494,78	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1521,67	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	760,84	[kg]		
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6064,80	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	16527,15	[kg]		
Resistenza passiva dente di fondazione	-7173,54	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	16527,15	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6064,80	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,01	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]		
Risultante in fondazione	17604,79	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,15	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	109,94	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	113328,61	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,6716	[kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,6505	[kg/cm <sup>2</sup> ]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.22$	$N_q = 19.35$	$N_\gamma = 16.88$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,78$	$i_q = 0,78$	$i_\gamma = 0,42$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,03$	$d_\gamma = 1,03$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 25.93$	$N'_q = 15.54$	$N'_\gamma = 7.35$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.34
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.86

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	93,75	1,05	16,87
3	0,25	187,50	4,22	33,73
4	0,38	281,25	9,49	50,60
5	0,50	375,00	16,87	67,47
6	0,63	468,75	26,36	84,34
7	0,75	562,50	37,96	101,45
8	0,88	656,25	51,87	122,62
9	1,00	750,00	69,13	156,28
10	1,13	843,75	91,64	206,60
11	1,25	937,50	121,49	273,72
12	1,38	1031,25	160,77	357,67
13	1,50	1125,00	211,61	458,47
14	1,63	1218,75	276,09	576,13
15	1,75	1312,50	356,34	710,67
16	1,88	1406,25	454,46	862,10
17	2,00	1500,00	572,57	1030,42
18	2,13	1593,75	712,77	1215,65
19	2,25	1687,50	877,19	1417,78
20	2,38	1781,25	1067,92	1636,83
21	2,50	1875,00	1287,01	1870,08

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	6,83	273,21
3	0,10	27,32	546,22
4	0,15	61,45	819,01
5	0,20	109,22	1091,59
6	0,25	170,61	1363,96
7	0,30	245,61	1636,12
8	0,35	334,21	1908,07
9	0,40	436,41	2179,81
10	0,45	552,19	2451,33
11	0,50	681,54	2722,65

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,17	-13,94	-163,63
3	0,34	-55,49	-324,81
4	0,51	-116,68	-346,06
5	0,68	-170,77	-289,86
6	0,85	-215,09	-231,23
7	1,02	-249,24	-170,15
8	1,19	-272,81	-106,64
9	1,36	-285,36	-40,68
10	1,53	-286,50	27,71
11	1,70	-275,80	98,55

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 4

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
V <sub>Rd</sub>	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0	0	1000,00	12581	--	--
2	0,13	100, 30	10,05	10,05	414551	-4662	4421,88	12593	--	--
3	0,25	100, 30	10,05	10,05	404128	-9089	2155,35	12604	--	--
4	0,38	100, 30	10,05	10,05	386273	-13031	1373,42	12616	--	--
5	0,50	100, 30	10,05	10,05	352510	-15856	940,03	12628	--	--
6	0,63	100, 30	10,05	10,05	320891	-18042	684,57	12640	--	--
7	0,75	100, 30	10,05	10,05	291863	-19694	518,87	12651	--	--
8	0,88	100, 30	10,05	10,05	265122	-20956	404,00	12663	--	--
9	1,00	100, 30	10,05	10,05	238707	-22004	318,28	12675	--	--
10	1,13	100, 30	10,05	10,05	211153	-22933	250,26	12687	--	--
11	1,25	100, 30	10,05	10,05	179387	-23246	191,35	12698	--	--
12	1,38	100, 30	10,05	10,05	141836	-22112	137,54	12710	--	--
13	1,50	100, 30	10,05	10,05	104114	-19583	92,55	12722	--	--
14	1,63	100, 30	10,05	10,05	75867	-17187	62,25	12733	--	--
15	1,75	100, 30	10,05	10,05	56837	-15431	43,30	12745	--	--
16	1,88	100, 30	10,05	10,05	43424	-14033	30,88	12757	--	--
17	2,00	100, 30	10,05	10,05	34260	-13078	22,84	12769	--	--
18	2,13	100, 30	10,05	10,05	27715	-12395	17,39	12780	--	--
19	2,25	100, 30	10,05	10,05	22873	-11890	13,55	12792	--	--
20	2,38	100, 30	10,05	10,05	19191	-11506	10,77	12804	--	--
21	2,50	100, 30	10,05	10,05	16327	-11207	8,71	12815	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 4

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

### Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0	0	1000,00	17425	--	--
2	0,05	100, 50	10,05	10,05	0	17258	2526,29	17425	--	--
3	0,10	100, 50	10,05	10,05	0	17258	631,74	17425	--	--
4	0,15	100, 50	10,05	10,05	0	17258	280,84	17425	--	--
5	0,20	100, 50	10,05	10,05	0	17258	158,02	17425	--	--
6	0,25	100, 50	10,05	10,05	0	17258	101,16	17425	--	--
7	0,30	100, 50	10,05	10,05	0	17258	70,27	17425	--	--
8	0,35	100, 50	10,05	10,05	0	17258	51,64	17425	--	--
9	0,40	100, 50	10,05	10,05	0	17258	39,54	17425	--	--
10	0,45	100, 50	10,05	10,05	0	17258	31,25	17425	--	--
11	0,50	100, 50	10,05	10,05	0	17258	25,32	17425	--	--

### Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	18,10	10,05	0	0	1000,00	17425	--	--
2	0,17	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	1237,76	17425	--	--
3	0,34	100, 50	18,10	10,05	0	-30410	547,99	17425	--	--
4	0,51	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	147,91	17425	--	--
5	0,68	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	101,06	17425	--	--
6	0,85	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	80,23	17425	--	--
7	1,02	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	69,24	17425	--	--
8	1,19	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	63,26	17425	--	--
9	1,36	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	60,48	17425	--	--
10	1,53	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	60,24	17425	--	--
11	1,70	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	62,57	17425	--	--

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=40 [cm]  
A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]  
Sollecitazioni M=2022,6 [kgm] T=6064,8 [kg]  
Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 10822,47 [kgm]  
Coeff.sicurezza sezione = 5,35

### COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	2088,49	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1958,86	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	724,35	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,43	[°]		
Incremento sismico della spinta	1102,44	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,50	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]
Inerzia del muro	989,56	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-494,78	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1521,67	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-760,84	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5504,10	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13808,59	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-6160,73	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13808,59	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5504,10	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,05	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Risultante in fondazione	14865,13	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,73	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	646,64	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	99944,98	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,6144	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4903	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.22$	$N_q = 19.35$	$N_\gamma = 16.88$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,75$	$i_q = 0,75$	$i_\gamma = 0,36$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,03$	$d_\gamma = 1,03$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 25.00$	$N'_q = 14.99$	$N'_\gamma = 6.32$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.26
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.24

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	93,75	1,05	16,87
3	0,25	187,50	4,22	33,73
4	0,38	281,25	9,49	50,60
5	0,50	375,00	16,87	67,47
6	0,63	468,75	26,36	84,34
7	0,75	562,50	37,96	101,41
8	0,88	656,25	51,83	121,79
9	1,00	750,00	68,83	152,36
10	1,13	843,75	90,49	196,53
11	1,25	937,50	118,53	254,41
12	1,38	1031,25	154,66	326,02
13	1,50	1125,00	200,61	411,38
14	1,63	1218,75	258,08	510,51
15	1,75	1312,50	328,81	623,41
16	1,88	1406,25	414,51	750,09
17	2,00	1500,00	516,90	890,56
18	2,13	1593,75	637,72	1044,82
19	2,25	1687,50	778,68	1212,88
20	2,38	1781,25	941,52	1394,75
21	2,50	1875,00	1127,87	1588,21

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	6,11	244,09
3	0,10	24,39	486,94
4	0,15	54,78	728,54
5	0,20	97,22	968,91
6	0,25	151,65	1208,03
7	0,30	218,00	1445,91
8	0,35	296,22	1682,55
9	0,40	386,24	1917,95
10	0,45	488,00	2152,11
11	0,50	601,43	2385,03

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 5

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00



2	0,17	-36,76	-430,12
3	0,34	-145,43	-845,89
4	0,51	-315,99	-1109,81
5	0,68	-519,70	-1284,37
6	0,85	-751,86	-1444,58
7	1,02	-1010,04	-1590,44
8	1,19	-1291,80	-1721,95
9	1,36	-1594,70	-1839,11
10	1,53	-1916,29	-1941,91
11	1,70	-2254,13	-2030,36

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 5

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

B base della sezione espressa in [cm]  
H altezza della sezione espressa in [cm]  
A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]  
A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]  
N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo espresso in [kg]  
M<sub>u</sub> momento ultimo espresso in [kgm]  
CS coefficiente sicurezza sezione  
VR<sub>ed</sub> Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]  
VR<sub>sd</sub> Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]  
VR<sub>d</sub> Resistenza al taglio, espresso in [kg]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Red</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0	0	1000,00	12581	--	--
2	0,13	100, 30	10,05	10,05	414551	-4662	4421,88	12593	--	--
3	0,25	100, 30	10,05	10,05	404128	-9089	2155,35	12604	--	--
4	0,38	100, 30	10,05	10,05	386273	-13031	1373,42	12616	--	--
5	0,50	100, 30	10,05	10,05	352510	-15856	940,03	12628	--	--
6	0,63	100, 30	10,05	10,05	320891	-18042	684,57	12640	--	--
7	0,75	100, 30	10,05	10,05	291866	-19694	518,87	12651	--	--
8	0,88	100, 30	10,05	10,05	265252	-20950	404,19	12663	--	--
9	1,00	100, 30	10,05	10,05	239465	-21976	319,29	12675	--	--
10	1,13	100, 30	10,05	10,05	213227	-22868	252,71	12687	--	--
11	1,25	100, 30	10,05	10,05	184014	-23265	196,28	12698	--	--
12	1,38	100, 30	10,05	10,05	149377	-22403	144,85	12710	--	--
13	1,50	100, 30	10,05	10,05	114415	-20402	101,70	12722	--	--
14	1,63	100, 30	10,05	10,05	85235	-18049	69,94	12733	--	--
15	1,75	100, 30	10,05	10,05	64371	-16126	49,04	12745	--	--
16	1,88	100, 30	10,05	10,05	49902	-14709	35,49	12757	--	--
17	2,00	100, 30	10,05	10,05	39551	-13629	26,37	12769	--	--
18	2,13	100, 30	10,05	10,05	32126	-12855	20,16	12780	--	--
19	2,25	100, 30	10,05	10,05	26612	-12280	15,77	12792	--	--
20	2,38	100, 30	10,05	10,05	22401	-11841	12,58	12804	--	--
21	2,50	100, 30	10,05	10,05	19114	-11498	10,19	12815	--	--

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 5

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N <sub>u</sub>	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M <sub>u</sub>	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V <sub>Rcd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kg]
V <sub>Rsd</sub>	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kg]
VRd	Resistenza al taglio, espresso in [kg]

### Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0	0	1000,00	17425	--	--
2	0,05	100, 50	10,05	10,05	0	17258	2825,70	17425	--	--
3	0,10	100, 50	10,05	10,05	0	17258	707,62	17425	--	--
4	0,15	100, 50	10,05	10,05	0	17258	315,03	17425	--	--
5	0,20	100, 50	10,05	10,05	0	17258	177,51	17425	--	--
6	0,25	100, 50	10,05	10,05	0	17258	113,80	17425	--	--
7	0,30	100, 50	10,05	10,05	0	17258	79,16	17425	--	--
8	0,35	100, 50	10,05	10,05	0	17258	58,26	17425	--	--
9	0,40	100, 50	10,05	10,05	0	17258	44,68	17425	--	--
10	0,45	100, 50	10,05	10,05	0	17258	35,36	17425	--	--
11	0,50	100, 50	10,05	10,05	0	17258	28,69	17425	--	--

### Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	V <sub>Rsd</sub>
1	0,00	100, 50	18,10	10,05	0	0	1000,00	17425	--	--
2	0,17	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	469,42	17425	--	--
3	0,34	100, 50	18,10	10,05	0	-30410	209,11	17425	--	--
4	0,51	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	54,61	17425	--	--
5	0,68	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	33,21	17425	--	--
6	0,85	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	22,95	17425	--	--
7	1,02	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	17,09	17425	--	--
8	1,19	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	13,36	17425	--	--
9	1,36	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	10,82	17425	--	--
10	1,53	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	9,01	17425	--	--
11	1,70	100, 50	10,05	10,05	0	-17258	7,66	17425	--	--

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=40 [cm]  
A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]  
Sollecitazioni M=1835,6 [kgm] T=5504,1 [kg]  
Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 10822,47 [kgm]  
Coeff.sicurezza sezione = 5,90

### COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	2088,49	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1958,86	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	724,35	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,43	[°]		
Incremento sismico della spinta	1952,14	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	43,25	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]
Inerzia del muro	1484,34	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-742,17	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2282,51	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-1141,25	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7556,67	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13475,48	[kg]		
Resistenza passiva dente di fondazione	-6295,48	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	9295,38	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	23733,37	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13475,48	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7556,67	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,18	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]		
Risultante in fondazione	15449,65	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	29,28	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2406,35	[kgm]		

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.55
--	------

**COMBINAZIONE n° 7**

Valore della spinta statica	2088,49	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1958,86	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	724,35	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,43	[°]		

Incremento sismico della spinta	2756,02	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	46,37	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]
Inerzia del muro	1484,34	[kg]		
Inerzia verticale del muro	742,17	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2282,51	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	1141,25	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8310,65	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17521,13	[kg]		
Resistenza passiva dente di fondazione	-7802,59	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	6865,68	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	27160,20	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17521,13	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8310,65	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,09	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]		
Risultante in fondazione	19392,18	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	25,38	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1606,89	[kgm]		

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.96
--	------

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 8

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]  
 $C_{tn}, C_{tt}$  contributo tiranti espresso in [kg]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,42

Raggio del cerchio R[m]= 7,04

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,06

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,51

Larghezza della striscia dx[m]= 0,42

Coefficiente di sicurezza C= 1.51

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u	C <sub>tn</sub>	C <sub>tt</sub>
1	387,53	65.37	352,27	1,01	30.44	0,05	0,00	---	---
2	1063,92	58.40	906,19	0,81	30.44	0,05	0,00	---	---
3	1582,74	52.31	1252,42	0,69	30.44	0,05	0,00	---	---
4	2003,08	46.97	1464,34	0,62	30.44	0,05	0,00	---	---
5	2354,21	42.14	1579,39	0,57	30.44	0,05	0,00	---	---
6	2652,02	37.64	1619,75	0,53	30.44	0,05	0,00	---	---
7	2983,87	33.41	1643,14	0,51	30.44	0,05	0,00	---	---
8	3294,55	29.38	1616,31	0,48	30.44	0,05	0,00	---	---
9	3416,13	25.50	1470,79	0,47	30.44	0,05	0,00	---	---
10	3571,77	21.75	1323,31	0,45	30.44	0,05	0,00	---	---
11	3882,31	18.09	1205,24	0,44	30.44	0,05	0,00	---	---
12	2686,93	14.50	672,82	0,44	30.44	0,05	0,00	---	---
13	1728,67	10.97	329,08	0,43	30.44	0,05	0,00	---	---
14	1673,59	7.49	218,12	0,43	30.44	0,05	0,00	---	---
15	1646,80	4.03	115,76	0,42	30.44	0,05	0,00	---	---
16	1598,49	0.59	16,40	0,42	30.44	0,05	0,00	---	---
17	1528,79	-2.85	-76,09	0,42	30.44	0,05	0,00	---	---
18	1437,64	-6.30	-157,86	0,43	30.44	0,05	0,00	---	---
19	1324,72	-9.78	-225,00	0,43	30.44	0,05	0,00	---	---
20	1189,47	-13.29	-273,43	0,43	30.44	0,05	0,00	---	---
21	1031,00	-16.85	-298,91	0,44	30.44	0,05	0,00	---	---
22	848,13	-20.49	-296,81	0,45	30.44	0,05	0,00	---	---
23	639,20	-24.21	-262,08	0,46	30.44	0,05	0,00	---	---
24	402,03	-28.04	-188,98	0,48	30.44	0,05	0,00	---	---
25	133,64	-32.01	-70,85	0,50	30.44	0,05	0,00	---	---

$\Sigma W_i = 45061,23$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 13935,29$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 23389,18$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 5877,60$  [kg]

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 9

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]  
Ctn, Ctt contributo tiranti espresso in [kg]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,42 Y[m]= 2,72

Raggio del cerchio R[m]= 7,46

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,53

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,54

Larghezza della striscia dx[m]= 0,44

Coefficiente di sicurezza C= 1.49

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u	Ctn	Ctt
1	404,70	64.26	364,53	1,02	30.44	0,05	0,00	---	---
2	1117,23	57.63	943,58	0,83	30.44	0,05	0,00	---	---
3	1672,19	51.70	1312,36	0,71	30.44	0,05	0,00	---	---
4	2124,89	46.49	1541,04	0,64	30.44	0,05	0,00	---	---
5	2504,56	41.74	1667,35	0,59	30.44	0,05	0,00	---	---
6	2827,44	37.32	1714,17	0,56	30.44	0,05	0,00	---	---
7	3237,74	33.15	1770,48	0,53	30.44	0,05	0,00	---	---
8	3487,95	29.17	1700,04	0,51	30.44	0,05	0,00	---	---
9	3654,34	25.34	1564,03	0,49	30.44	0,05	0,00	---	---
10	3824,13	21.63	1409,54	0,48	30.44	0,05	0,00	---	---
11	4176,45	18.01	1291,34	0,47	30.44	0,05	0,00	---	---
12	1875,48	14.47	468,50	0,46	30.44	0,05	0,00	---	---
13	1825,59	10.98	347,62	0,45	30.44	0,05	0,00	---	---
14	1814,70	7.53	237,77	0,45	30.44	0,05	0,00	---	---
15	1785,69	4.11	127,93	0,44	30.44	0,05	0,00	---	---
16	1733,27	0.70	21,24	0,44	30.44	0,05	0,00	---	---
17	1657,64	-2.70	-78,12	0,44	30.44	0,05	0,00	---	---
18	1558,70	-6.11	-166,03	0,45	30.44	0,05	0,00	---	---
19	1436,14	-9.55	-238,26	0,45	30.44	0,05	0,00	---	---
20	1289,37	-13.02	-290,48	0,45	30.44	0,05	0,00	---	---
21	1117,46	-16.54	-318,12	0,46	30.44	0,05	0,00	---	---
22	919,17	-20.13	-316,27	0,47	30.44	0,05	0,00	---	---
23	692,78	-23.80	-279,52	0,48	30.44	0,05	0,00	---	---
24	436,00	-27.57	-201,82	0,50	30.44	0,05	0,00	---	---
25	145,75	-31.49	-76,12	0,52	30.44	0,05	0,00	---	---

$\Sigma W_i = 47319,37$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 14516,76$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 24595,52$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 6115,42$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica

2088,49 [kg]

Componente orizzontale della spinta statica

1958,86 [kg]

Componente verticale della spinta statica

724,35 [kg]

Punto d'applicazione della spinta

X = 1,70 [m]

Y = -2,60 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,43	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1958,86	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14681,85	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-5969,12	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14681,85	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1958,86	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,20	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Risultante in fondazione	14811,94	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	7,60	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2908,72	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	143778,96	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3080	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8665	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.22$	$N_q = 19.35$	$N_\gamma = 16.88$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,98$	$i_q = 0,98$	$i_\gamma = 0,93$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,03$	$d_\gamma = 1,03$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 32.58$	$N'_q = 19.53$	$N'_\gamma = 16.21$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.67
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.79

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 10

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	93,75	0,00	0,00
3	0,25	187,50	0,00	0,00
4	0,38	281,25	0,00	0,00
5	0,50	375,00	0,00	0,00
6	0,63	468,75	0,00	0,00
7	0,75	562,50	0,00	0,12
8	0,88	656,25	0,11	2,29
9	1,00	750,00	0,84	10,73
10	1,13	843,75	3,14	27,56
11	1,25	937,50	8,08	52,84
12	1,38	1031,25	16,70	86,58
13	1,50	1125,00	30,08	128,79
14	1,63	1218,75	49,26	179,49
15	1,75	1312,50	75,30	238,68
16	1,88	1406,25	109,28	306,36
17	2,00	1500,00	152,25	382,54
18	2,13	1593,75	205,27	467,22
19	2,25	1687,50	269,41	560,40
20	2,38	1781,25	345,72	662,09
21	2,50	1875,00	435,24	770,93

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 10

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	2,33	94,31
3	0,10	9,52	194,21
4	0,15	21,85	299,69
5	0,20	39,59	410,75
6	0,25	63,02	527,40
7	0,30	92,42	649,64
8	0,35	128,07	777,46
9	0,40	170,26	910,86
10	0,45	219,25	1049,85
11	0,50	275,34	1194,42

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 10

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,17	15,37	170,04
3	0,34	54,15	275,52
4	0,51	112,95	453,94
5	0,68	207,08	642,80
6	0,85	327,84	767,10
7	1,02	464,24	826,84
8	1,19	605,31	822,02
9	1,36	740,07	752,64
10	1,53	857,54	618,70
11	1,70	946,77	420,20

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 10

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	100, 30	10,05	10,05	0,03	0,00	-0,43	-0,43
3	0,25	100, 30	10,05	10,05	0,06	0,00	-0,85	-0,85
4	0,38	100, 30	10,05	10,05	0,09	0,00	-1,28	-1,28
5	0,50	100, 30	10,05	10,05	0,11	0,00	-1,70	-1,70
6	0,63	100, 30	10,05	10,05	0,14	0,00	-2,13	-2,13
7	0,75	100, 30	10,05	10,05	0,17	0,00	-2,56	-2,56
8	0,88	100, 30	10,05	10,05	0,20	0,00	-2,98	-2,99
9	1,00	100, 30	10,05	10,05	0,23	0,01	-3,36	-3,46
10	1,13	100, 30	10,05	10,05	0,27	0,01	-3,65	-4,02
11	1,25	100, 30	10,05	10,05	0,33	0,02	-3,78	-4,73
12	1,38	100, 30	10,05	10,05	0,41	0,04	-3,70	-5,67
13	1,50	100, 30	10,05	10,05	0,52	0,06	-3,34	-6,88
14	1,63	100, 30	10,05	10,05	0,66	0,08	-2,64	-8,43
15	1,75	100, 30	10,05	10,05	0,84	0,11	-1,48	-10,41
16	1,88	100, 30	10,05	10,05	1,12	0,14	1,47	-13,16
17	2,00	100, 30	10,05	10,05	1,56	0,18	8,68	-16,93
18	2,13	100, 30	10,05	10,05	2,16	0,22	22,32	-21,50
19	2,25	100, 30	10,05	10,05	2,93	0,26	42,85	-26,55
20	2,38	100, 30	10,05	10,05	3,84	0,31	70,01	-32,03
21	2,50	100, 30	10,05	10,05	4,89	0,36	103,72	-37,99



## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 10

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 50	10,05	10,05	0,01	0,02	0,56	-0,07
3	0,10	100, 50	10,05	10,05	0,04	0,05	2,28	-0,30
4	0,15	100, 50	10,05	10,05	0,09	0,08	5,23	-0,68
5	0,20	100, 50	10,05	10,05	0,17	0,11	9,48	-1,24
6	0,25	100, 50	10,05	10,05	0,27	0,14	15,08	-1,97
7	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,40	0,17	22,12	-2,90
8	0,35	100, 50	10,05	10,05	0,56	0,20	30,66	-4,01
9	0,40	100, 50	10,05	10,05	0,74	0,24	40,75	-5,33
10	0,45	100, 50	10,05	10,05	0,95	0,27	52,48	-6,87
11	0,50	100, 50	10,05	10,05	1,20	0,31	65,91	-8,63

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 50	18,10	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,17	100, 50	10,05	10,05	0,07	0,04	3,68	-0,48
3	0,34	100, 50	18,10	10,05	0,22	0,07	12,97	-1,53
4	0,51	100, 50	10,05	10,05	0,49	0,12	27,04	-3,54
5	0,68	100, 50	10,05	10,05	0,90	0,17	49,57	-6,49
6	0,85	100, 50	10,05	10,05	1,42	0,20	78,47	-10,27
7	1,02	100, 50	10,05	10,05	2,02	0,22	111,12	-14,54
8	1,19	100, 50	10,05	10,05	2,63	0,21	144,89	-18,96
9	1,36	100, 50	10,05	10,05	3,21	0,20	177,15	-23,18
10	1,53	100, 50	10,05	10,05	3,73	0,16	205,27	-26,86
11	1,70	100, 50	10,05	10,05	4,11	0,11	226,63	-29,66

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=40 [cm]

A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]

Sollecitazioni M=653,3 [kgm] T=1958,9 [kg]

Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 10822,47 [kgm]

Coeff.sicurezza sezione = 16,57

## Verifiche a fessurazione

### Combinazione n° 10

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

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M<sub>pr</sub> Momento di prima fessurazione espressa in [kgm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kgm]

ε<sub>m</sub> deformazione media espressa in [%]

s<sub>m</sub> Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pr</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
----	---	-----------------	-----------------	-----------------	---	----------------	----------------	---

1	0,00	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
2	0,13	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
3	0,25	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
4	0,38	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
5	0,50	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
6	0,63	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
7	0,75	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
8	0,88	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
9	1,00	10,05	10,05	-2375	-1	0,0000	0,00	0,000
10	1,13	10,05	10,05	-2375	-3	0,0000	0,00	0,000
11	1,25	10,05	10,05	-2375	-8	0,0000	0,00	0,000
12	1,38	10,05	10,05	-2375	-17	0,0000	0,00	0,000
13	1,50	10,05	10,05	-2375	-30	0,0000	0,00	0,000
14	1,63	10,05	10,05	-2375	-49	0,0000	0,00	0,000
15	1,75	10,05	10,05	-2375	-75	0,0000	0,00	0,000
16	1,88	10,05	10,05	-2375	-109	0,0000	0,00	0,000
17	2,00	10,05	10,05	-2375	-152	0,0000	0,00	0,000
18	2,13	10,05	10,05	-2375	-205	0,0000	0,00	0,000
19	2,25	10,05	10,05	-2375	-269	0,0000	0,00	0,000
20	2,38	10,05	10,05	-2375	-346	0,0000	0,00	0,000
21	2,50	10,05	10,05	-2375	-435	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
1	-0,80	10,05	10,05	-6494	0	0,0000	0,00	0,000
2	-0,75	10,05	10,05	6494	2	0,0000	0,00	0,000
3	-0,70	10,05	10,05	6494	10	0,0000	0,00	0,000
4	-0,65	10,05	10,05	6494	22	0,0000	0,00	0,000
5	-0,60	10,05	10,05	6494	40	0,0000	0,00	0,000
6	-0,55	10,05	10,05	6494	63	0,0000	0,00	0,000
7	-0,50	10,05	10,05	6494	92	0,0000	0,00	0,000
8	-0,45	10,05	10,05	6494	128	0,0000	0,00	0,000
9	-0,40	10,05	10,05	6494	170	0,0000	0,00	0,000
10	-0,35	10,05	10,05	6494	219	0,0000	0,00	0,000
11	-0,30	10,05	10,05	6494	275	0,0000	0,00	0,000
12	0,00	10,05	10,05	6494	947	0,0000	0,00	0,000
13	0,17	10,05	10,05	6494	858	0,0000	0,00	0,000
14	0,34	10,05	10,05	6494	740	0,0000	0,00	0,000
15	0,51	10,05	10,05	6494	605	0,0000	0,00	0,000
16	0,68	10,05	10,05	6494	464	0,0000	0,00	0,000
17	0,85	10,05	10,05	6494	328	0,0000	0,00	0,000
18	1,02	10,05	10,05	6494	207	0,0000	0,00	0,000
19	1,19	10,05	10,05	6494	113	0,0000	0,00	0,000
20	1,36	18,10	10,05	6554	54	0,0000	0,00	0,000
21	1,53	10,05	10,05	6494	15	0,0000	0,00	0,000
22	1,70	18,10	10,05	-6829	0	0,0000	0,00	0,000

COMBINAZIONE n° 11

Valore della spinta statica	2088,49	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1958,86	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	724,35	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,43	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1958,86	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14681,85	[kg]		
Resistenza passiva dente di fondazione	-5969,12	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14681,85	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1958,86	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,20	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]		
Risultante in fondazione	14811,94	[kg]		

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	7,60	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2908,72	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	143778,96	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3080	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8665	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.22$	$N_q = 19.35$	$N_\gamma = 16.88$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,98$	$i_q = 0,98$	$i_\gamma = 0,93$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,03$	$d_\gamma = 1,03$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 32.58$	$N'_q = 19.53$	$N'_\gamma = 16.21$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.67
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.79

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 11

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	93,75	0,00	0,00
3	0,25	187,50	0,00	0,00
4	0,38	281,25	0,00	0,00
5	0,50	375,00	0,00	0,00
6	0,63	468,75	0,00	0,00
7	0,75	562,50	0,00	0,12
8	0,88	656,25	0,11	2,29
9	1,00	750,00	0,84	10,73
10	1,13	843,75	3,14	27,56
11	1,25	937,50	8,08	52,84
12	1,38	1031,25	16,70	86,58
13	1,50	1125,00	30,08	128,79
14	1,63	1218,75	49,26	179,49
15	1,75	1312,50	75,30	238,68
16	1,88	1406,25	109,28	306,36
17	2,00	1500,00	152,25	382,54
18	2,13	1593,75	205,27	467,22
19	2,25	1687,50	269,41	560,40
20	2,38	1781,25	345,72	662,09
21	2,50	1875,00	435,24	770,93

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 11

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	2,33	94,31
3	0,10	9,52	194,21
4	0,15	21,85	299,69
5	0,20	39,59	410,75
6	0,25	63,02	527,40
7	0,30	92,42	649,64
8	0,35	128,07	777,46
9	0,40	170,26	910,86
10	0,45	219,25	1049,85
11	0,50	275,34	1194,42

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 11

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,17	15,37	170,04
3	0,34	54,15	275,52
4	0,51	112,95	453,94
5	0,68	207,08	642,80
6	0,85	327,84	767,10
7	1,02	464,24	826,84
8	1,19	605,31	822,02
9	1,36	740,07	752,64
10	1,53	857,54	618,70
11	1,70	946,77	420,20

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 11

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	100, 30	10,05	10,05	0,03	0,00	-0,43	-0,43
3	0,25	100, 30	10,05	10,05	0,06	0,00	-0,85	-0,85
4	0,38	100, 30	10,05	10,05	0,09	0,00	-1,28	-1,28
5	0,50	100, 30	10,05	10,05	0,11	0,00	-1,70	-1,70
6	0,63	100, 30	10,05	10,05	0,14	0,00	-2,13	-2,13
7	0,75	100, 30	10,05	10,05	0,17	0,00	-2,56	-2,56
8	0,88	100, 30	10,05	10,05	0,20	0,00	-2,98	-2,99
9	1,00	100, 30	10,05	10,05	0,23	0,01	-3,36	-3,46
10	1,13	100, 30	10,05	10,05	0,27	0,01	-3,65	-4,02
11	1,25	100, 30	10,05	10,05	0,33	0,02	-3,78	-4,73
12	1,38	100, 30	10,05	10,05	0,41	0,04	-3,70	-5,67
13	1,50	100, 30	10,05	10,05	0,52	0,06	-3,34	-6,88
14	1,63	100, 30	10,05	10,05	0,66	0,08	-2,64	-8,43
15	1,75	100, 30	10,05	10,05	0,84	0,11	-1,48	-10,41
16	1,88	100, 30	10,05	10,05	1,12	0,14	1,47	-13,16
17	2,00	100, 30	10,05	10,05	1,56	0,18	8,68	-16,93
18	2,13	100, 30	10,05	10,05	2,16	0,22	22,32	-21,50
19	2,25	100, 30	10,05	10,05	2,93	0,26	42,85	-26,55
20	2,38	100, 30	10,05	10,05	3,84	0,31	70,01	-32,03
21	2,50	100, 30	10,05	10,05	4,89	0,36	103,72	-37,99

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 11

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 50	10,05	10,05	0,01	0,02	0,56	-0,07
3	0,10	100, 50	10,05	10,05	0,04	0,05	2,28	-0,30
4	0,15	100, 50	10,05	10,05	0,09	0,08	5,23	-0,68
5	0,20	100, 50	10,05	10,05	0,17	0,11	9,48	-1,24
6	0,25	100, 50	10,05	10,05	0,27	0,14	15,08	-1,97
7	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,40	0,17	22,12	-2,90
8	0,35	100, 50	10,05	10,05	0,56	0,20	30,66	-4,01
9	0,40	100, 50	10,05	10,05	0,74	0,24	40,75	-5,33
10	0,45	100, 50	10,05	10,05	0,95	0,27	52,48	-6,87
11	0,50	100, 50	10,05	10,05	1,20	0,31	65,91	-8,63

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 50	18,10	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,17	100, 50	10,05	10,05	0,07	0,04	3,68	-0,48
3	0,34	100, 50	18,10	10,05	0,22	0,07	12,97	-1,53
4	0,51	100, 50	10,05	10,05	0,49	0,12	27,04	-3,54
5	0,68	100, 50	10,05	10,05	0,90	0,17	49,57	-6,49
6	0,85	100, 50	10,05	10,05	1,42	0,20	78,47	-10,27
7	1,02	100, 50	10,05	10,05	2,02	0,22	111,12	-14,54
8	1,19	100, 50	10,05	10,05	2,63	0,21	144,89	-18,96
9	1,36	100, 50	10,05	10,05	3,21	0,20	177,15	-23,18
10	1,53	100, 50	10,05	10,05	3,73	0,16	205,27	-26,86
11	1,70	100, 50	10,05	10,05	4,11	0,11	226,63	-29,66

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=40 [cm]

A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]

Sollecitazioni M=653,3 [kgm] T=1958,9 [kg]

Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 10822,47 [kgm]

Coeff.sicurezza sezione = 16,57

## Verifiche a fessurazione

### Combinazione n° 11

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

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M<sub>pr</sub> Momento di prima fessurazione espressa in [kgm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kgm]

ε<sub>m</sub> deformazione media espressa in [%]

s<sub>m</sub> Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pr</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
----	---	-----------------	-----------------	-----------------	---	----------------	----------------	---

1	0,00	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
2	0,13	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
3	0,25	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
4	0,38	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
5	0,50	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
6	0,63	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
7	0,75	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
8	0,88	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
9	1,00	10,05	10,05	-2375	-1	0,0000	0,00	0,000
10	1,13	10,05	10,05	-2375	-3	0,0000	0,00	0,000
11	1,25	10,05	10,05	-2375	-8	0,0000	0,00	0,000
12	1,38	10,05	10,05	-2375	-17	0,0000	0,00	0,000
13	1,50	10,05	10,05	-2375	-30	0,0000	0,00	0,000
14	1,63	10,05	10,05	-2375	-49	0,0000	0,00	0,000
15	1,75	10,05	10,05	-2375	-75	0,0000	0,00	0,000
16	1,88	10,05	10,05	-2375	-109	0,0000	0,00	0,000
17	2,00	10,05	10,05	-2375	-152	0,0000	0,00	0,000
18	2,13	10,05	10,05	-2375	-205	0,0000	0,00	0,000
19	2,25	10,05	10,05	-2375	-269	0,0000	0,00	0,000
20	2,38	10,05	10,05	-2375	-346	0,0000	0,00	0,000
21	2,50	10,05	10,05	-2375	-435	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
1	-0,80	10,05	10,05	-6494	0	0,0000	0,00	0,000
2	-0,75	10,05	10,05	6494	2	0,0000	0,00	0,000
3	-0,70	10,05	10,05	6494	10	0,0000	0,00	0,000
4	-0,65	10,05	10,05	6494	22	0,0000	0,00	0,000
5	-0,60	10,05	10,05	6494	40	0,0000	0,00	0,000
6	-0,55	10,05	10,05	6494	63	0,0000	0,00	0,000
7	-0,50	10,05	10,05	6494	92	0,0000	0,00	0,000
8	-0,45	10,05	10,05	6494	128	0,0000	0,00	0,000
9	-0,40	10,05	10,05	6494	170	0,0000	0,00	0,000
10	-0,35	10,05	10,05	6494	219	0,0000	0,00	0,000
11	-0,30	10,05	10,05	6494	275	0,0000	0,00	0,000
12	0,00	10,05	10,05	6494	947	0,0000	0,00	0,000
13	0,17	10,05	10,05	6494	858	0,0000	0,00	0,000
14	0,34	10,05	10,05	6494	740	0,0000	0,00	0,000
15	0,51	10,05	10,05	6494	605	0,0000	0,00	0,000
16	0,68	10,05	10,05	6494	464	0,0000	0,00	0,000
17	0,85	10,05	10,05	6494	328	0,0000	0,00	0,000
18	1,02	10,05	10,05	6494	207	0,0000	0,00	0,000
19	1,19	10,05	10,05	6494	113	0,0000	0,00	0,000
20	1,36	18,10	10,05	6554	54	0,0000	0,00	0,000
21	1,53	10,05	10,05	6494	15	0,0000	0,00	0,000
22	1,70	18,10	10,05	-6829	0	0,0000	0,00	0,000

COMBINAZIONE n° 12

Valore della spinta statica	2088,49	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1958,86	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	724,35	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,29	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,43	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8457,50	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,25	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1958,86	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14681,85	[kg]		
Resistenza passiva dente di fondazione	-5969,12	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14681,85	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1958,86	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,20	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]		
Risultante in fondazione	14811,94	[kg]		

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	7,60	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2908,72	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	143778,96	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	2,50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3080	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8665	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.22$	$N_q = 19.35$	$N_\gamma = 16.88$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,98$	$i_q = 0,98$	$i_\gamma = 0,93$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,07$	$d_q = 1,03$	$d_\gamma = 1,03$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 32.58$	$N'_q = 19.53$	$N'_\gamma = 16.21$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.67
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.79



## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 12

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

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	93,75	0,00	0,00
3	0,25	187,50	0,00	0,00
4	0,38	281,25	0,00	0,00
5	0,50	375,00	0,00	0,00
6	0,63	468,75	0,00	0,00
7	0,75	562,50	0,00	0,12
8	0,88	656,25	0,11	2,29
9	1,00	750,00	0,84	10,73
10	1,13	843,75	3,14	27,56
11	1,25	937,50	8,08	52,84
12	1,38	1031,25	16,70	86,58
13	1,50	1125,00	30,08	128,79
14	1,63	1218,75	49,26	179,49
15	1,75	1312,50	75,30	238,68
16	1,88	1406,25	109,28	306,36
17	2,00	1500,00	152,25	382,54
18	2,13	1593,75	205,27	467,22
19	2,25	1687,50	269,41	560,40
20	2,38	1781,25	345,72	662,09
21	2,50	1875,00	435,24	770,93

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 12

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	2,33	94,31
3	0,10	9,52	194,21
4	0,15	21,85	299,69
5	0,20	39,59	410,75
6	0,25	63,02	527,40
7	0,30	92,42	649,64
8	0,35	128,07	777,46
9	0,40	170,26	910,86
10	0,45	219,25	1049,85
11	0,50	275,34	1194,42

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 12

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kg

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00

2	0,17	15,37	170,04
3	0,34	54,15	275,52
4	0,51	112,95	453,94
5	0,68	207,08	642,80
6	0,85	327,84	767,10
7	1,02	464,24	826,84
8	1,19	605,31	822,02
9	1,36	740,07	752,64
10	1,53	857,54	618,70
11	1,70	946,77	420,20

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 12

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0,00	100, 30	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,13	100, 30	10,05	10,05	0,03	0,00	-0,43	-0,43
3	0,25	100, 30	10,05	10,05	0,06	0,00	-0,85	-0,85
4	0,38	100, 30	10,05	10,05	0,09	0,00	-1,28	-1,28
5	0,50	100, 30	10,05	10,05	0,11	0,00	-1,70	-1,70
6	0,63	100, 30	10,05	10,05	0,14	0,00	-2,13	-2,13
7	0,75	100, 30	10,05	10,05	0,17	0,00	-2,56	-2,56
8	0,88	100, 30	10,05	10,05	0,20	0,00	-2,98	-2,99
9	1,00	100, 30	10,05	10,05	0,23	0,01	-3,36	-3,46
10	1,13	100, 30	10,05	10,05	0,27	0,01	-3,65	-4,02
11	1,25	100, 30	10,05	10,05	0,33	0,02	-3,78	-4,73
12	1,38	100, 30	10,05	10,05	0,41	0,04	-3,70	-5,67
13	1,50	100, 30	10,05	10,05	0,52	0,06	-3,34	-6,88
14	1,63	100, 30	10,05	10,05	0,66	0,08	-2,64	-8,43
15	1,75	100, 30	10,05	10,05	0,84	0,11	-1,48	-10,41
16	1,88	100, 30	10,05	10,05	1,12	0,14	1,47	-13,16
17	2,00	100, 30	10,05	10,05	1,56	0,18	8,68	-16,93
18	2,13	100, 30	10,05	10,05	2,16	0,22	22,32	-21,50
19	2,25	100, 30	10,05	10,05	2,93	0,26	42,85	-26,55
20	2,38	100, 30	10,05	10,05	3,84	0,31	70,01	-32,03
21	2,50	100, 30	10,05	10,05	4,89	0,36	103,72	-37,99

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 12

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 50	10,05	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 50	10,05	10,05	0,01	0,02	0,56	-0,07
3	0,10	100, 50	10,05	10,05	0,04	0,05	2,28	-0,30
4	0,15	100, 50	10,05	10,05	0,09	0,08	5,23	-0,68
5	0,20	100, 50	10,05	10,05	0,17	0,11	9,48	-1,24
6	0,25	100, 50	10,05	10,05	0,27	0,14	15,08	-1,97
7	0,30	100, 50	10,05	10,05	0,40	0,17	22,12	-2,90
8	0,35	100, 50	10,05	10,05	0,56	0,20	30,66	-4,01
9	0,40	100, 50	10,05	10,05	0,74	0,24	40,75	-5,33
10	0,45	100, 50	10,05	10,05	0,95	0,27	52,48	-6,87
11	0,50	100, 50	10,05	10,05	1,20	0,31	65,91	-8,63

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0,00	100, 50	18,10	10,05	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,17	100, 50	10,05	10,05	0,07	0,04	3,68	-0,48
3	0,34	100, 50	18,10	10,05	0,22	0,07	12,97	-1,53
4	0,51	100, 50	10,05	10,05	0,49	0,12	27,04	-3,54
5	0,68	100, 50	10,05	10,05	0,90	0,17	49,57	-6,49
6	0,85	100, 50	10,05	10,05	1,42	0,20	78,47	-10,27
7	1,02	100, 50	10,05	10,05	2,02	0,22	111,12	-14,54
8	1,19	100, 50	10,05	10,05	2,63	0,21	144,89	-18,96
9	1,36	100, 50	10,05	10,05	3,21	0,20	177,15	-23,18
10	1,53	100, 50	10,05	10,05	3,73	0,16	205,27	-26,86
11	1,70	100, 50	10,05	10,05	4,11	0,11	226,63	-29,66

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=40 [cm]

A<sub>fi</sub>=8,04 [cmq] A<sub>fs</sub>=8,04 [cmq]

Sollecitazioni M=653,3 [kgm] T=1958,9 [kg]

Momento ultimo sezione M<sub>u</sub> = 10822,47 [kgm]

Coeff.sicurezza sezione = 16,57

## Verifiche a fessurazione

### Combinazione n° 12

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

A<sub>fs</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]

A<sub>fi</sub> area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]

M<sub>pr</sub> Momento di prima fessurazione espressa in [kgm]

M Momento agente nella sezione espressa in [kgm]

ε<sub>m</sub> deformazione media espressa in [%]

s<sub>m</sub> Distanza media tra le fessure espressa in [mm]

w Apertura media della fessura espressa in [mm]

### Verifica fessurazione paramento

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pr</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
----	---	-----------------	-----------------	-----------------	---	----------------	----------------	---

1	0,00	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
2	0,13	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
3	0,25	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
4	0,38	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
5	0,50	10,05	10,05	2375	0	0,0000	0,00	0,000
6	0,63	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
7	0,75	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
8	0,88	10,05	10,05	-2375	0	0,0000	0,00	0,000
9	1,00	10,05	10,05	-2375	-1	0,0000	0,00	0,000
10	1,13	10,05	10,05	-2375	-3	0,0000	0,00	0,000
11	1,25	10,05	10,05	-2375	-8	0,0000	0,00	0,000
12	1,38	10,05	10,05	-2375	-17	0,0000	0,00	0,000
13	1,50	10,05	10,05	-2375	-30	0,0000	0,00	0,000
14	1,63	10,05	10,05	-2375	-49	0,0000	0,00	0,000
15	1,75	10,05	10,05	-2375	-75	0,0000	0,00	0,000
16	1,88	10,05	10,05	-2375	-109	0,0000	0,00	0,000
17	2,00	10,05	10,05	-2375	-152	0,0000	0,00	0,000
18	2,13	10,05	10,05	-2375	-205	0,0000	0,00	0,000
19	2,25	10,05	10,05	-2375	-269	0,0000	0,00	0,000
20	2,38	10,05	10,05	-2375	-346	0,0000	0,00	0,000
21	2,50	10,05	10,05	-2375	-435	0,0000	0,00	0,000

Verifica fessurazione fondazione

N°	Y	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	M <sub>pf</sub>	M	ε <sub>m</sub>	s <sub>m</sub>	w
1	-0,80	10,05	10,05	-6494	0	0,0000	0,00	0,000
2	-0,75	10,05	10,05	6494	2	0,0000	0,00	0,000
3	-0,70	10,05	10,05	6494	10	0,0000	0,00	0,000
4	-0,65	10,05	10,05	6494	22	0,0000	0,00	0,000
5	-0,60	10,05	10,05	6494	40	0,0000	0,00	0,000
6	-0,55	10,05	10,05	6494	63	0,0000	0,00	0,000
7	-0,50	10,05	10,05	6494	92	0,0000	0,00	0,000
8	-0,45	10,05	10,05	6494	128	0,0000	0,00	0,000
9	-0,40	10,05	10,05	6494	170	0,0000	0,00	0,000
10	-0,35	10,05	10,05	6494	219	0,0000	0,00	0,000
11	-0,30	10,05	10,05	6494	275	0,0000	0,00	0,000
12	0,00	10,05	10,05	6494	947	0,0000	0,00	0,000
13	0,17	10,05	10,05	6494	858	0,0000	0,00	0,000
14	0,34	10,05	10,05	6494	740	0,0000	0,00	0,000
15	0,51	10,05	10,05	6494	605	0,0000	0,00	0,000
16	0,68	10,05	10,05	6494	464	0,0000	0,00	0,000
17	0,85	10,05	10,05	6494	328	0,0000	0,00	0,000
18	1,02	10,05	10,05	6494	207	0,0000	0,00	0,000
19	1,19	10,05	10,05	6494	113	0,0000	0,00	0,000
20	1,36	18,10	10,05	6554	54	0,0000	0,00	0,000
21	1,53	10,05	10,05	6494	15	0,0000	0,00	0,000
22	1,70	18,10	10,05	-6829	0	0,0000	0,00	0,000

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

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

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

#### Tipo di analisi svolta

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

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

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

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

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

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	14.00
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)

#### 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.

Luogo e data

\_\_\_\_\_

Il progettista  
( )

\_\_\_\_\_