



# REGIONE SICILIANA



## MUNICIPIO DELLA CITTA' DI NASO

Città metropolitana di Messina

**Intervento di messa in sicurezza e manutenzione della strada comunale Brucoli- Bagnara mediante allargamento del curvone all'incrocio con la Comunale a Confine con Capo d'Orlando**

Area Tecnica1 - Servizio LL.PP. - via G. Mazzini, 1 - 98074 Naso (Me) - tel. 0941.1946000 - pec: comunenaso@pec.it

### Elenco Elaborati:

- Elab. – Relazione generale
- Tav. 1 – Inquadramento
- Tav. 2 – Elaborati grafici dello stato di fatto
- Elab. – Relazioni specialistiche: Relazione idraulica
- Elab. –. Relazioni specialistiche: elaborati di calcolo ed allegati
- Tav. 3– Elaborati grafici di progetto
- Tav. 4 – Particolari costruttivi
- Elab. – Elenco ad analisi prezzi
- Elab. Incidenza Manodopera
- Elab. Calcolo dei corrispettivi
- Elab. – Computo Metrico
- Elab.– Quadro economico
- Elab. – CSA con cronoprogramma

### Variazioni esecutive al Progetto Esecutivo

#### Il Progettista:

*UTC f.to Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.*

#### Il R.U.P.:

*UTC f.to Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.*

#### Il Sindaco:

*f.to Dott. Gaetano Nani*

---

Progetto: Intervento di messa in sicurezza e manutenzione della strada co  
Ditta:  
Comune: Comune di Naso  
Progettista: Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.  
Direttore dei Lavori: Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.  
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)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## Richiami teorici

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

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

### Spinta in presenza di falda

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

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

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

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  $\eta_s$

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

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

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

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:

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione:

- c coesione del terreno in fondazione
- $\phi$  angolo di attrito del terreno in fondazione
- $\gamma$  peso di volume del terreno in fondazione
- B larghezza della fondazione
- D profondità del piano di posa
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa
- N fattori di capacità portante
- d fattori di profondità del piano di posa
- i fattori di inclinazione del carico

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$
Fattori di forma	$\phi = 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\phi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\phi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\phi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

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

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di B (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando B supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5B\gamma N_\gamma r_\gamma$$

Verifica alla stabilità globale

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

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.

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [T/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [T/mq]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [T/mq]
E	Modulo elastico, espresso in [T/mq]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	$\gamma$ [T/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [T/mq]	E [T/mq]	$\nu$	n	ntc
1	Cls Armato	N E	Rck 250	B450C	2,50000	2500,0 0,0	3066588 0	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [T/mq]	f <sub>uk</sub> [T/mq]	f <sub>ym</sub> [T/mq]
B450C	45886,5	55063,8	45886,5

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

(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 [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	8,00	0,40	2.862

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 1,00 [m]

#### Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	1,50	[m]
Altezza paramento libero	1,50	[m]
Spessore in sommità	0,35	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,51	[m]
Inclinazione paramento esterno	3,00	[°]
Inclinazione paramento interno	3,00	[°]

#### Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	0,30	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,30	[m]
Lunghezza totale	1,11	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

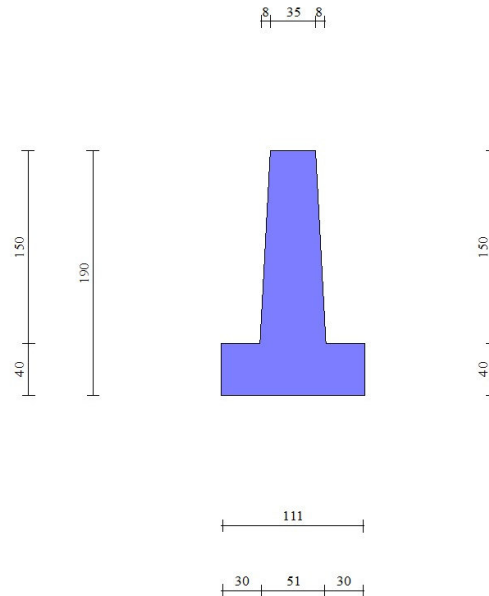


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [T/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [T/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [T/mq]
ca	Adesione terra-muro espressa in [T/mq]

#### Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [T/mq]

n°	Descr	$\gamma$ [T/mc]	$\gamma_{sat}$ [T/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [T/mq]	ca [T/mq]	Cesp	$\tau_l$ [T/mq]
1	Arenarie fratturate e sabbie ben addensate	1,90000	2,00000	34.000	18.670	5,0	2,5	---	---
2	vegetale	1,70000	2,00000	26.000	17.333	0,0	0,0	---	---

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

#### Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kststa, Kstsis	Coeff. di spinta statico e sismico
----------------	------------------------------------

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	0,80	0.000	vegetale	---	---	---	---	---
2	4,00	0.000	Arenarie fratturate e sabbie ben addensate	---	---	---	---	---

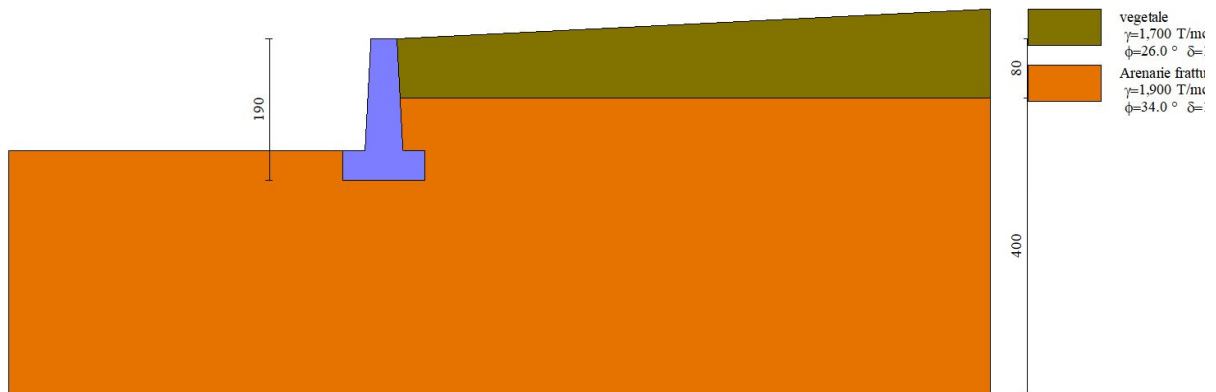


Fig. 2 - Stratigrafia

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche		
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

## Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
------------	----------	--------	---------

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLEP

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Naso
Provincia	Messina
Regione	Sicilia
Latitudine	38.142670
Longitudine	14.746290
Indice punti di interpolazione	45197 - 44975 - 44974 - 45196
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.770	0.785
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.180	0.080
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.530	2.407
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.338	0.293
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	9.876	4.938
Ultimo - Ribaltamento	0.570	14.813	7.407
Esercizio	0.470	5.414	2.707

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_c$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [T]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [T]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	0,274	17,37	0,262	0,082	0,38	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	2,715/0,000	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	0,916/0,000	0,21	-0,72
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,030			
2	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,058		0,055	0,017	0,38	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,268	2,715/0,134	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,090	0,916/0,045	0,21	-0,72
3	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,037		0,036	0,011	0,38	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,268	2,715/-0,134	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,090	0,916/-0,045	0,21	-0,72
4	Spinta statica	0,254	14,05	0,247	0,062	0,38	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	2,715/0,000	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	0,916/0,000	0,21	-0,72
	Resistenza passiva terreno antistante			-2,895			
5	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,058		0,055	0,017	0,38	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,268	2,715/0,134	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,090	0,916/0,045	0,21	-0,72
6	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,037		0,036	0,011	0,38	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,268	2,715/-0,134	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,090	0,916/-0,045	0,21	-0,72
7	Spinta statica	0,274	17,37	0,262	0,082	0,38	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	2,715/0,000	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	0,916/0,000	0,21	-0,72
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,030			
8	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,091		0,087	0,027	0,38	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,402	2,715/0,201	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,136	0,916/0,068	0,21	-0,72
9	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,063		0,060	0,019	0,38	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,402	2,715/-0,201	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,136	0,916/-0,068	0,21	-0,72
10	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	2,715/0,000	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	0,916/0,000	0,21	-0,72
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,030			
11	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	2,715/0,000	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	0,916/0,000	0,21	-0,72
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,030			
12	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	2,715/0,000	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	0,916/0,000	0,21	-0,72
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,030			
13	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,030		0,029	0,009	0,38	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,147	2,715/0,073	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,050	0,916/0,025	0,21	-0,72
14	Spinta statica	0,211	17,37	0,201	0,063	0,38	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,019		0,018	0,006	0,38	-1,26
	Peso/Inerzia muro			0,147	2,715/-0,073	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,050	0,916/-0,025	0,21	-0,72
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,030			

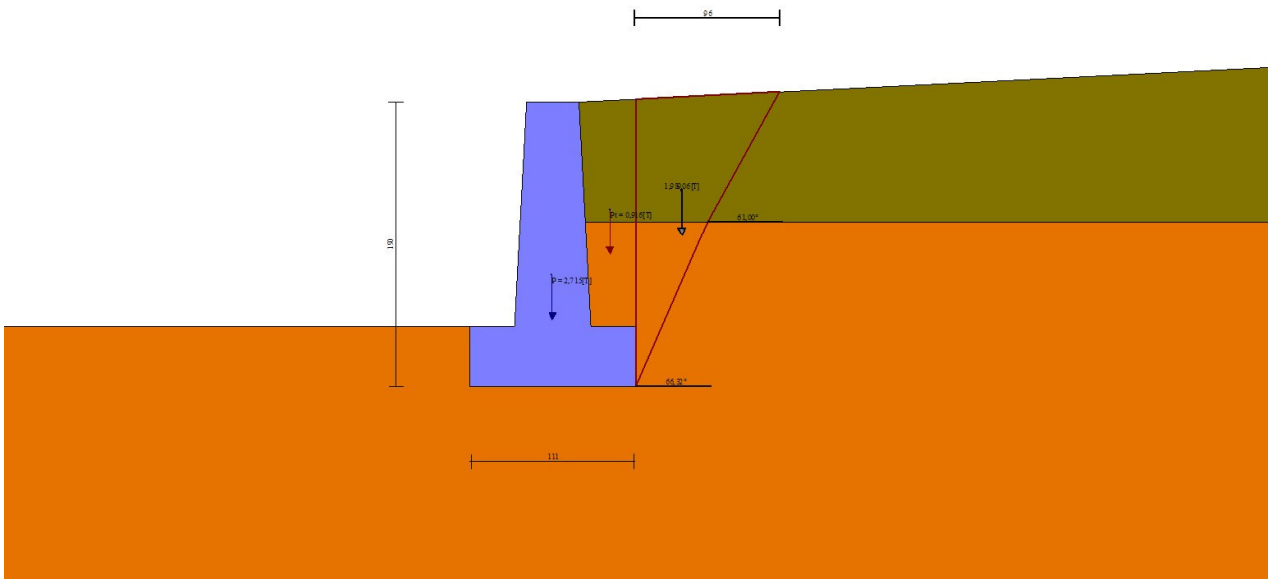


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

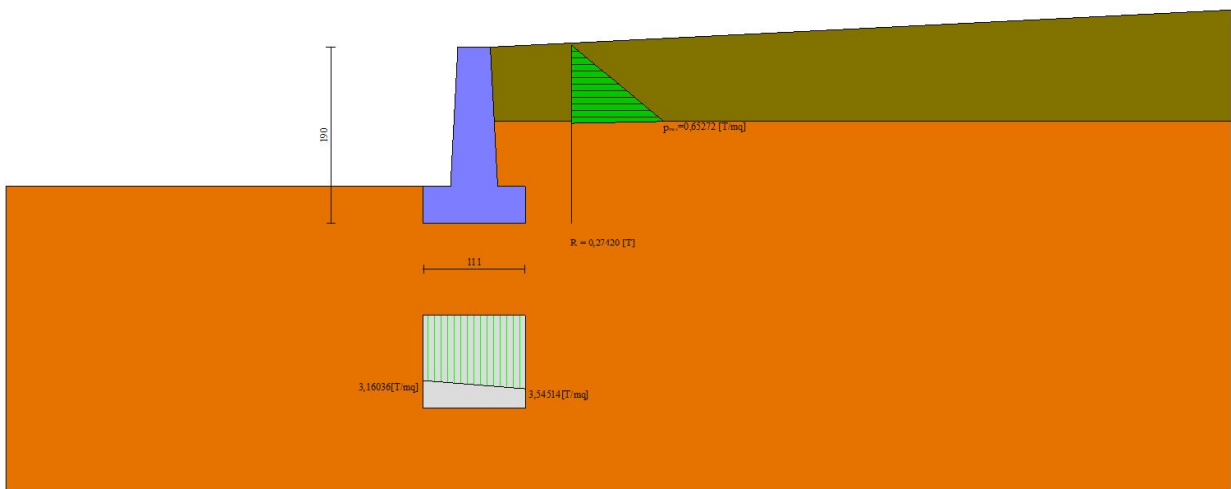


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

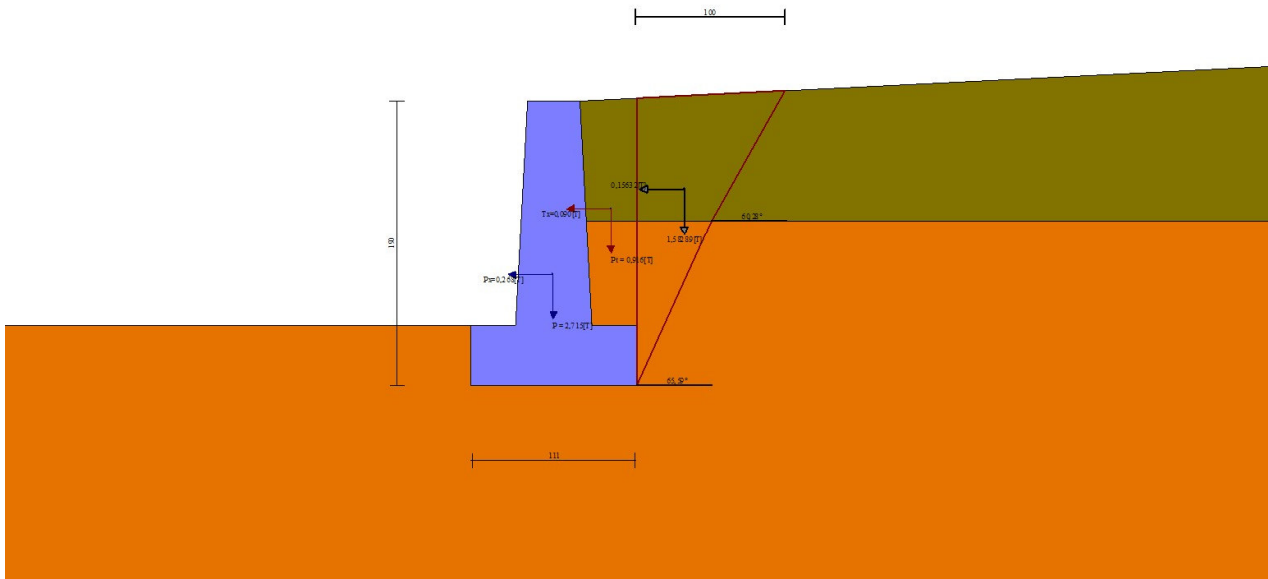


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

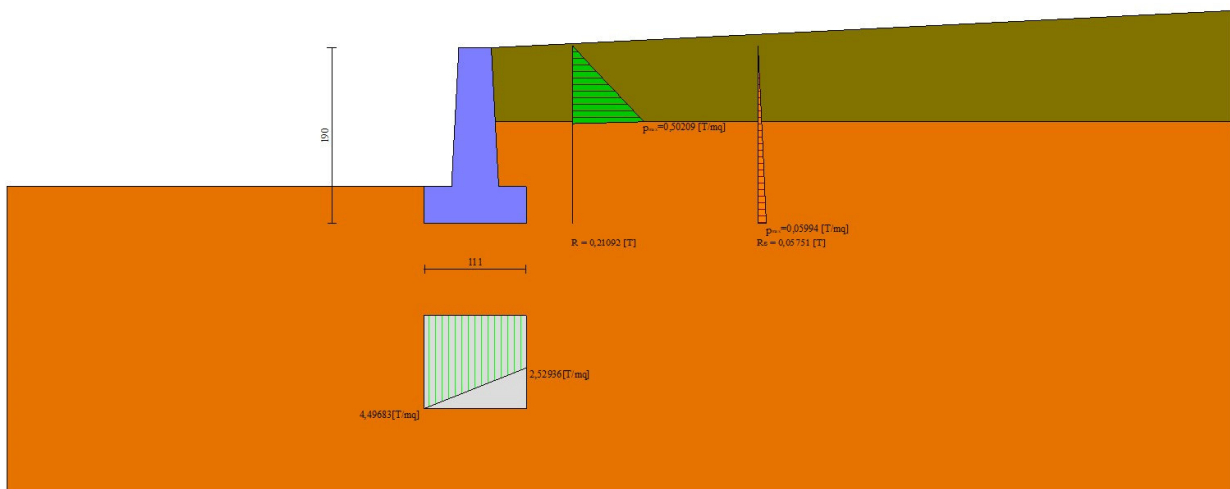


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>SUPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		30.770		71.974			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	13.197		51.855			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	13.417		54.416			
4 - GEO (A2-M2-R2)					8.292		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				8.275		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				8.777		
7 - EQU (A1-M1-R3)			6.855				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.350				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.596				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [T]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [T]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [T]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [T]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [T]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [T]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [T]	Rpt [T]	Rps [T]	Rp [T]	Rt [T]	R [T]	T [T]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	4,022	4,030	0,000	--	--	8,053	0,262	30.770
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	4,082	4,030	0,000	--	--	8,113	0,615	13.197
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	3,959	4,030	0,000	--	--	7,990	0,595	13.417

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [T]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [T]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [T]	Qu [T]	Qd [T]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	3,712	267,186	190,847	71.974
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	3,890	201,704	168,087	51.855
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	3,525	191,829	159,858	54.416

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5ByNy viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [T/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [T/mq]
σv	Pressione terreno valle, espressa in [T/mq]
σm	Pressione terreno monte, espressa in [T/mq]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	42.164	0.912	1.136	--	--	--	--	--	--	0.902	1.000
	29.440	0.912	1.068	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.777	1.068	--	--	--	--	--	--		
2	42.164	0.810	1.136	--	--	--	--	--	--	0.784	1.000
	29.440	0.810	1.068	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.542	1.068	--	--	--	--	--	--		
3	42.164	0.798	1.136	--	--	--	--	--	--	0.759	1.000
	29.440	0.798	1.068	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.516	1.068	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [T/mc]	φ [°]	c [T/mq]
1	0,40	1,11	1,04	1,900	34,00	5,0
2	0,40	1,11	1,04	1,900	34,00	5,0

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	$\gamma$ [T/mc]	$\phi$ [°]	c [T/mq]
3	0,40	1,11	1,04	1,900	34,00	5,0

n°	$\sigma_v$ [T/mq]	$\sigma_m$ [T/mq]
1	3,2	3,5
2	4,5	2,5
3	4,3	2,1

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [Tm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [Tm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [Tm]	Mr [Tm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	2,452	0,358	6.855
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	2,636	0,787	3.350
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	2,452	0,945	2.596

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 1,00	3,04	8.292
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 1,00	3,04	8.275
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 1,00	3,04	8.777

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

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 [T]
Qy	carico sulla striscia espresso in [T]
Qf	carico acqua sulla striscia espresso in [T]
$\alpha$	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 [T/mq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [T/mq]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [T/mq]

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,070	0,000	0,000	2,42 - 0,19	67.490	21.315	0,0	0,00	
2	0,191	0,000	0,000	0,19	60.498	21.315	0,0	0,00	
3	0,282	0,000	0,000	0,19	53.935	21.315	0,0	0,00	
4	0,360	0,000	0,000	0,19	48.302	28.352	4,0	0,00	
5	0,425	0,000	0,000	0,19	43.242	28.352	4,0	0,00	
6	0,480	0,000	0,000	0,19	38.577	28.352	4,0	0,00	
7	0,526	0,000	0,000	0,19	34.200	28.352	4,0	0,00	
8	0,564	0,000	0,000	0,19	30.041	28.352	4,0	0,00	
9	0,597	0,000	0,000	0,19	26.051	28.352	4,0	0,00	
10	0,623	0,000	0,000	0,19	22.193	28.352	4,0	0,00	
11	0,648	0,000	0,000	0,19	18.439	28.352	4,0	0,00	
12	0,707	0,000	0,000	0,19	14.766	28.352	4,0	0,00	
13	0,763	0,000	0,000	0,19	11.154	28.352	4,0	0,00	
14	0,926	0,000	0,000	0,19	7.586	28.352	4,0	0,00	
15	0,913	0,000	0,000	0,19	4.048	28.352	4,0	0,00	
16	0,295	0,000	0,000	0,19	0.526	28.352	4,0	0,00	
17	0,249	0,000	0,000	0,19	-2.995	28.352	4,0	0,00	
18	0,184	0,000	0,000	0,19	-6.526	28.352	4,0	0,00	
19	0,174	0,000	0,000	0,19	-10.084	28.352	4,0	0,00	
20	0,160	0,000	0,000	0,19	-13.680	28.352	4,0	0,00	
21	0,142	0,000	0,000	0,19	-17.334	28.352	4,0	0,00	
22	0,119	0,000	0,000	0,19	-21.061	28.352	4,0	0,00	
23	0,091	0,000	0,000	0,19	-24.885	28.352	4,0	0,00	
24	0,057	0,000	0,000	0,19	-28.832	28.352	4,0	0,00	
25	0,018	0,000	0,000	-2,25 - 0,19	-30.581	28.352	4,0	0,00	

## Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,070	0,000	0,000	2,42 - 0,19	67.490	26.000	0,0	0,00	
2	0,191	0,000	0,000	0,19	60.498	26.000	0,0	0,00	
3	0,282	0,000	0,000	0,19	53.935	26.000	0,0	0,00	
4	0,360	0,000	0,000	0,19	48.302	34.000	5,0	0,00	
5	0,425	0,000	0,000	0,19	43.242	34.000	5,0	0,00	
6	0,480	0,000	0,000	0,19	38.577	34.000	5,0	0,00	
7	0,526	0,000	0,000	0,19	34.200	34.000	5,0	0,00	
8	0,564	0,000	0,000	0,19	30.041	34.000	5,0	0,00	
9	0,597	0,000	0,000	0,19	26.051	34.000	5,0	0,00	
10	0,623	0,000	0,000	0,19	22.193	34.000	5,0	0,00	
11	0,648	0,000	0,000	0,19	18.439	34.000	5,0	0,00	
12	0,707	0,000	0,000	0,19	14.766	34.000	5,0	0,00	
13	0,763	0,000	0,000	0,19	11.154	34.000	5,0	0,00	
14	0,926	0,000	0,000	0,19	7.586	34.000	5,0	0,00	
15	0,913	0,000	0,000	0,19	4.048	34.000	5,0	0,00	
16	0,295	0,000	0,000	0,19	0.526	34.000	5,0	0,00	
17	0,249	0,000	0,000	0,19	-2.995	34.000	5,0	0,00	
18	0,184	0,000	0,000	0,19	-6.526	34.000	5,0	0,00	
19	0,174	0,000	0,000	0,19	-10.084	34.000	5,0	0,00	
20	0,160	0,000	0,000	0,19	-13.680	34.000	5,0	0,00	
21	0,142	0,000	0,000	0,19	-17.334	34.000	5,0	0,00	
22	0,119	0,000	0,000	0,19	-21.061	34.000	5,0	0,00	
23	0,091	0,000	0,000	0,19	-24.885	34.000	5,0	0,00	
24	0,057	0,000	0,000	0,19	-28.832	34.000	5,0	0,00	
25	0,018	0,000	0,000	-2,25 - 0,19	-30.581	34.000	5,0	0,00	

## Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,070	0,000	0,000	2,42 - 0,19	67.490	26.000	0,0	0,00	
2	0,191	0,000	0,000	0,19	60.498	26.000	0,0	0,00	
3	0,282	0,000	0,000	0,19	53.935	26.000	0,0	0,00	
4	0,360	0,000	0,000	0,19	48.302	34.000	5,0	0,00	
5	0,425	0,000	0,000	0,19	43.242	34.000	5,0	0,00	
6	0,480	0,000	0,000	0,19	38.577	34.000	5,0	0,00	
7	0,526	0,000	0,000	0,19	34.200	34.000	5,0	0,00	
8	0,564	0,000	0,000	0,19	30.041	34.000	5,0	0,00	
9	0,597	0,000	0,000	0,19	26.051	34.000	5,0	0,00	
10	0,623	0,000	0,000	0,19	22.193	34.000	5,0	0,00	
11	0,648	0,000	0,000	0,19	18.439	34.000	5,0	0,00	
12	0,707	0,000	0,000	0,19	14.766	34.000	5,0	0,00	
13	0,763	0,000	0,000	0,19	11.154	34.000	5,0	0,00	
14	0,926	0,000	0,000	0,19	7.586	34.000	5,0	0,00	
15	0,913	0,000	0,000	0,19	4.048	34.000	5,0	0,00	
16	0,295	0,000	0,000	0,19	0.526	34.000	5,0	0,00	
17	0,249	0,000	0,000	0,19	-2.995	34.000	5,0	0,00	
18	0,184	0,000	0,000	0,19	-6.526	34.000	5,0	0,00	
19	0,174	0,000	0,000	0,19	-10.084	34.000	5,0	0,00	
20	0,160	0,000	0,000	0,19	-13.680	34.000	5,0	0,00	
21	0,142	0,000	0,000	0,19	-17.334	34.000	5,0	0,00	
22	0,119	0,000	0,000	0,19	-21.061	34.000	5,0	0,00	
23	0,091	0,000	0,000	0,19	-24.885	34.000	5,0	0,00	
24	0,057	0,000	0,000	0,19	-28.832	34.000	5,0	0,00	
25	0,018	0,000	0,000	-2,25 - 0,19	-30.581	34.000	5,0	0,00	

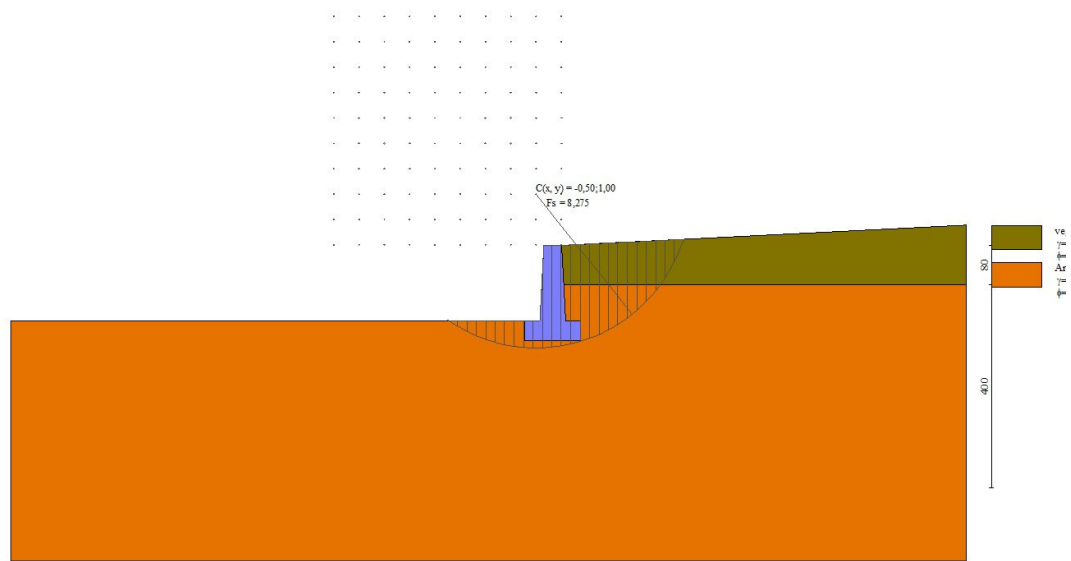


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

- n°      Indice della sezione  
 X      Posizione della sezione, espresso in [m]  
 N      Sforzo normale, espresso in [T]. Positivo se di compressione.  
 T      Taglio, espresso in [T]. Positivo se diretto da monte verso valle  
 M      Momento, espresso in [Tm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

## Paramento

### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,089	0,004	0,000
3	-0,20	0,180	0,016	0,001
4	-0,30	0,274	0,036	0,004
5	-0,40	0,371	0,064	0,009
6	-0,50	0,470	0,100	0,017
7	-0,60	0,572	0,143	0,029
8	-0,70	0,677	0,195	0,046
9	-0,80	0,784	0,255	0,068
10	-0,90	0,894	0,261	0,094
11	-1,00	1,006	0,261	0,120
12	-1,10	1,121	0,261	0,146
13	-1,20	1,239	0,261	0,172
14	-1,30	1,359	0,261	0,198
15	-1,40	1,482	0,261	0,225
16	-1,50	1,607	0,261	0,251

### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,093	0,012	0,001
3	-0,20	0,189	0,031	0,003
4	-0,30	0,288	0,057	0,007
5	-0,40	0,389	0,090	0,014
6	-0,50	0,493	0,129	0,025
7	-0,60	0,600	0,175	0,040
8	-0,70	0,710	0,228	0,060
9	-0,80	0,823	0,288	0,086
10	-0,90	0,938	0,308	0,116
11	-1,00	1,056	0,323	0,148
12	-1,10	1,176	0,339	0,181
13	-1,20	1,300	0,356	0,215

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
14	-1,30	1,426	0,373	0,252
15	-1,40	1,555	0,392	0,290
16	-1,50	1,687	0,411	0,330

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,084	0,012	0,001
3	-0,20	0,171	0,031	0,003
4	-0,30	0,261	0,056	0,007
5	-0,40	0,353	0,088	0,014
6	-0,50	0,447	0,127	0,025
7	-0,60	0,544	0,172	0,040
8	-0,70	0,643	0,224	0,059
9	-0,80	0,745	0,283	0,085
10	-0,90	0,850	0,301	0,114
11	-1,00	0,956	0,314	0,145
12	-1,10	1,066	0,329	0,177
13	-1,20	1,178	0,344	0,210
14	-1,30	1,292	0,359	0,245
15	-1,40	1,409	0,375	0,282
16	-1,50	1,528	0,392	0,320

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,089	0,003	0,000
3	-0,20	0,180	0,012	0,001
4	-0,30	0,274	0,028	0,003
5	-0,40	0,371	0,049	0,007
6	-0,50	0,470	0,077	0,013
7	-0,60	0,572	0,110	0,022
8	-0,70	0,677	0,150	0,035
9	-0,80	0,784	0,196	0,052
10	-0,90	0,894	0,201	0,072
11	-1,00	1,006	0,201	0,092
12	-1,10	1,121	0,201	0,113
13	-1,20	1,239	0,201	0,133
14	-1,30	1,359	0,201	0,153
15	-1,40	1,482	0,201	0,173
16	-1,50	1,607	0,201	0,193

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,089	0,003	0,000
3	-0,20	0,180	0,012	0,001
4	-0,30	0,274	0,028	0,003
5	-0,40	0,371	0,049	0,007
6	-0,50	0,470	0,077	0,013
7	-0,60	0,572	0,110	0,022
8	-0,70	0,677	0,150	0,035
9	-0,80	0,784	0,196	0,052
10	-0,90	0,894	0,201	0,072
11	-1,00	1,006	0,201	0,092
12	-1,10	1,121	0,201	0,113
13	-1,20	1,239	0,201	0,133
14	-1,30	1,359	0,201	0,153
15	-1,40	1,482	0,201	0,173
16	-1,50	1,607	0,201	0,193

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,089	0,003	0,000
3	-0,20	0,180	0,012	0,001
4	-0,30	0,274	0,028	0,003
5	-0,40	0,371	0,049	0,007
6	-0,50	0,470	0,077	0,013
7	-0,60	0,572	0,110	0,022
8	-0,70	0,677	0,150	0,035
9	-0,80	0,784	0,196	0,052
10	-0,90	0,894	0,201	0,072
11	-1,00	1,006	0,201	0,092
12	-1,10	1,121	0,201	0,113
13	-1,20	1,239	0,201	0,133
14	-1,30	1,359	0,201	0,153
15	-1,40	1,482	0,201	0,173
16	-1,50	1,607	0,201	0,193

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,091	0,008	0,000
3	-0,20	0,185	0,023	0,002
4	-0,30	0,282	0,044	0,005
5	-0,40	0,381	0,071	0,011
6	-0,50	0,483	0,105	0,020
7	-0,60	0,588	0,146	0,032
8	-0,70	0,695	0,193	0,049
9	-0,80	0,805	0,246	0,071
10	-0,90	0,918	0,259	0,096
11	-1,00	1,033	0,267	0,122
12	-1,10	1,151	0,275	0,149
13	-1,20	1,272	0,285	0,177
14	-1,30	1,396	0,294	0,206
15	-1,40	1,522	0,304	0,236
16	-1,50	1,651	0,314	0,267

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,086	0,008	0,000
3	-0,20	0,175	0,022	0,002
4	-0,30	0,267	0,043	0,005
5	-0,40	0,361	0,070	0,011
6	-0,50	0,458	0,104	0,019
7	-0,60	0,557	0,144	0,032
8	-0,70	0,658	0,190	0,048
9	-0,80	0,763	0,243	0,070
10	-0,90	0,869	0,255	0,095
11	-1,00	0,979	0,262	0,121
12	-1,10	1,091	0,270	0,147
13	-1,20	1,205	0,278	0,174
14	-1,30	1,322	0,286	0,203
15	-1,40	1,442	0,294	0,232
16	-1,50	1,564	0,303	0,261

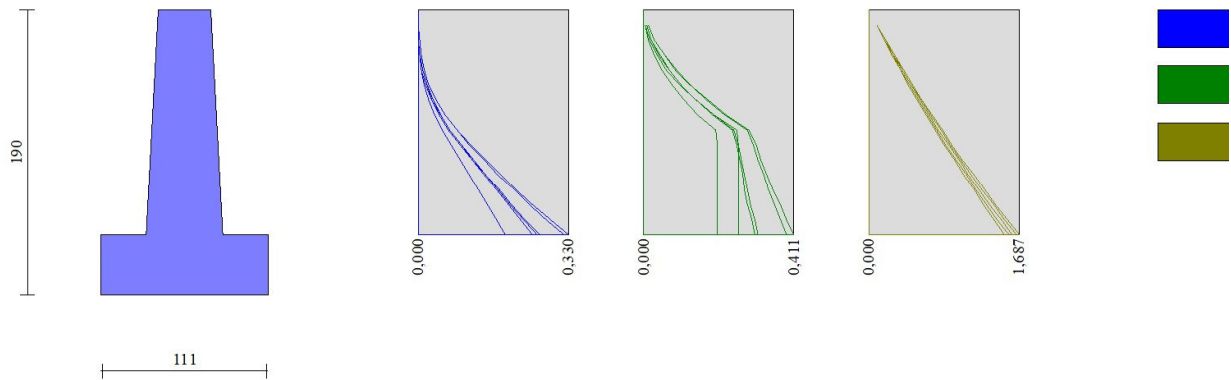


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,163	0,006
3	-0,58	0,000	0,328	0,024
4	-0,50	0,000	0,495	0,055
5	-0,43	0,000	0,664	0,099

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
6	0,08	0,000	-0,309	-0,046
7	0,18	0,000	-0,203	-0,020
8	0,28	0,000	-0,101	-0,005
9	0,38	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,257	0,010
3	-0,58	0,000	0,505	0,038
4	-0,50	0,000	0,742	0,085
5	-0,43	0,000	0,969	0,149
6	0,08	0,000	-0,274	-0,045
7	0,18	0,000	-0,201	-0,021
8	0,28	0,000	-0,110	-0,006
9	0,38	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,241	0,009
3	-0,58	0,000	0,471	0,036
4	-0,50	0,000	0,690	0,080
5	-0,43	0,000	0,898	0,139
6	0,08	0,000	-0,400	-0,065
7	0,18	0,000	-0,288	-0,030
8	0,28	0,000	-0,154	-0,008
9	0,38	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,137	0,005
3	-0,58	0,000	0,280	0,021
4	-0,50	0,000	0,428	0,047
5	-0,43	0,000	0,581	0,085
6	0,08	0,000	0,007	0,003
7	0,18	0,000	0,014	0,002
8	0,28	0,000	0,011	0,001
9	0,38	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,137	0,005
3	-0,58	0,000	0,280	0,021
4	-0,50	0,000	0,428	0,047
5	-0,43	0,000	0,581	0,085
6	0,08	0,000	0,007	0,003
7	0,18	0,000	0,014	0,002
8	0,28	0,000	0,011	0,001
9	0,38	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,137	0,005
3	-0,58	0,000	0,280	0,021
4	-0,50	0,000	0,428	0,047
5	-0,43	0,000	0,581	0,085
6	0,08	0,000	0,007	0,003
7	0,18	0,000	0,014	0,002
8	0,28	0,000	0,011	0,001
9	0,38	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,203	0,008
3	-0,58	0,000	0,402	0,030
4	-0,50	0,000	0,599	0,068
5	-0,43	0,000	0,793	0,120
6	0,08	0,000	-0,146	-0,023
7	0,18	0,000	-0,104	-0,011
8	0,28	0,000	-0,055	-0,003

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
9	0,38	0,000	0,000	0,000

## Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,194	0,007
3	-0,58	0,000	0,384	0,029
4	-0,50	0,000	0,571	0,065
5	-0,43	0,000	0,754	0,115
6	0,08	0,000	-0,216	-0,034
7	0,18	0,000	-0,151	-0,016
8	0,28	0,000	-0,079	-0,004
9	0,38	0,000	0,000	0,000

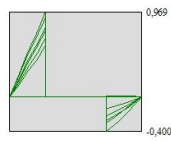
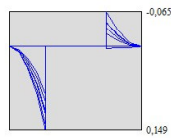
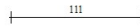
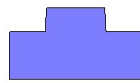


Fig. 9 - Fondazione (Involuppo)

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [T]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [T]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	0,274	17,37	0,262	0,082	0,38	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	2,715/0,000	-0,18	-1,16
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	0,916/0,000	0,21	-0,72
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,030			

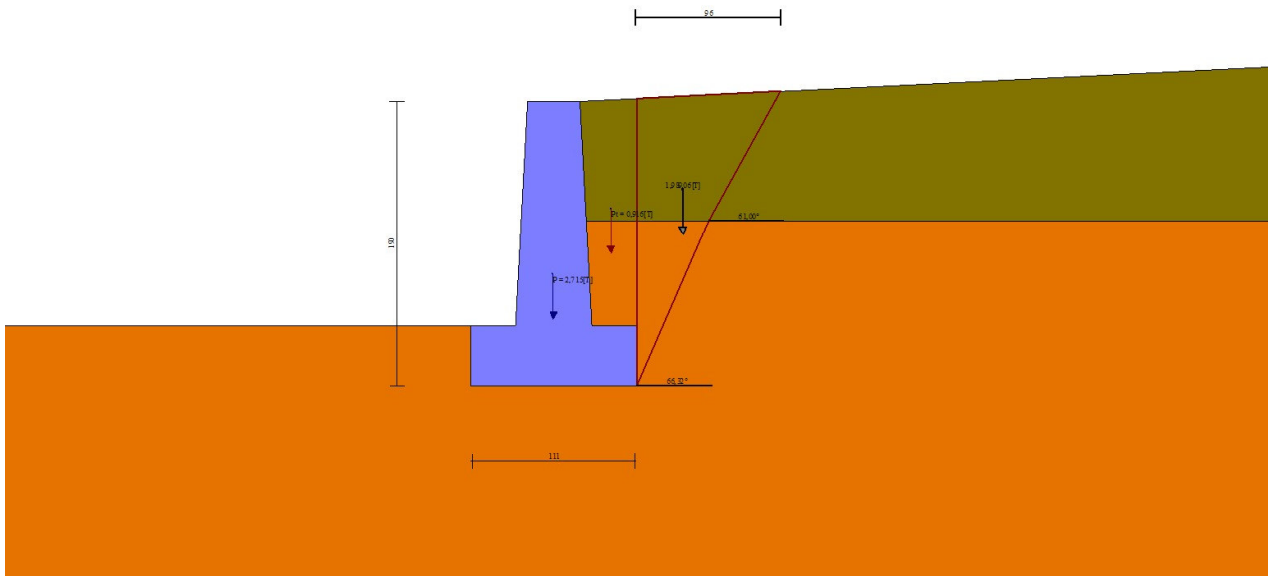


Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

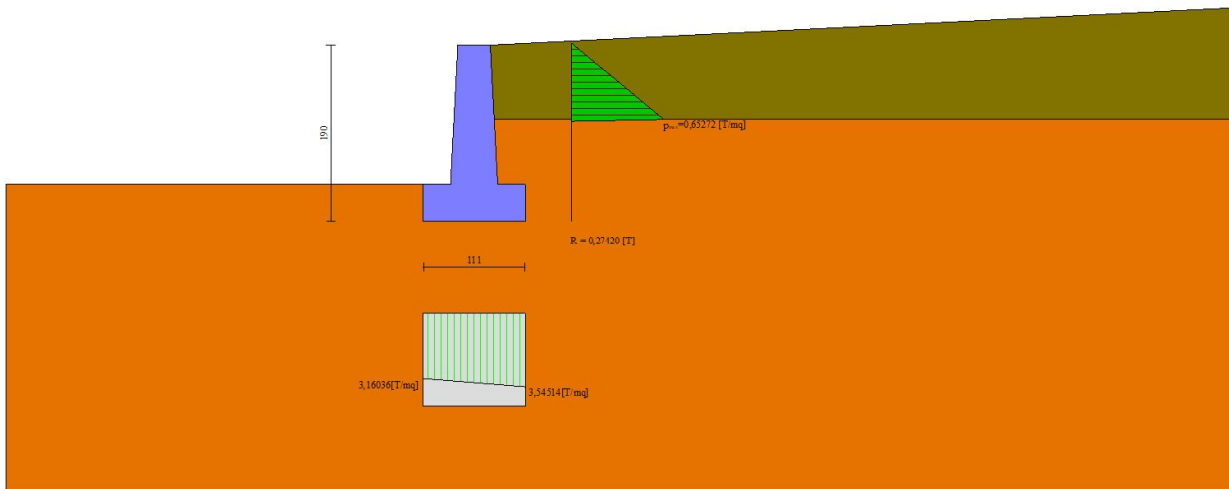


Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		30.770		71.974			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	13.197		51.855			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	13.417		54.416			
4 - GEO (A2-M2-R2)					8.292		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				8.275		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				8.777		
7 - EQU (A1-M1-R3)			6.855				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.350				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.596				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [T]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [T]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [T]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [T]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [T]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [T]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	[T] 4,082	[T] 4,030	[T] 0,000	[T] --	[T] --	[T] 8,113	[T] 0,615	13.197

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [T]

Qu carico limite del terreno, espresso in [T]  
 Qd Portanza di progetto, espresso in [T]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[T]	[T]	[T]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	3,890	201,704	168,087	51.855

## Dettagli calcolo portanza

### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante  
 ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico  
 dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa  
 gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico  
 bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa  
 sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione  
 pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
 Ir, Irc Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic  
 ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B_y N_y$  viene moltiplicato per questo fattore  
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [T/mc]  
 $\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [T/mq]  
 $\sigma_v$  Pressione terreno valle, espressa in [T/mq]  
 $\sigma_m$  Pressione terreno monte, espressa in [T/mq]  
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
2	42.164 29.440 31.146	0.810 0.810 0.542	1.136 1.068 1.068	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.784	1.000

n°	D	B'	H	$\gamma$	$\phi$	c
	[m]	[m]	[m]	[T/mc]	[°]	[T/mq]
2	0,40	1,11	1,04	1,900	34,00	5,0

n°	$\sigma_v$	$\sigma_m$
	[T/mq]	[T/mq]
2	4,5	2,5

## Verifica a ribaltamento

### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [Tm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [Tm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[Tm]	[Tm]	
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	2,452	0,945	2.596

## Verifica stabilità globale muro + terreno

### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 R Raggio, espresso in [m]  
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 1,00	3,04	8.275

## Dettagli strisce verifiche stabilità

### Simbologia adottata

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 [T]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [T]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [T]  
 $\alpha$  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 [T/mq]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [T/mq]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [T/mq]

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,070	0,000	0,000	2,42 - 0,19	67.490	26.000	0,0	0,00	
2	0,191	0,000	0,000	0,19	60.498	26.000	0,0	0,00	
3	0,282	0,000	0,000	0,19	53.935	26.000	0,0	0,00	
4	0,360	0,000	0,000	0,19	48.302	34.000	5,0	0,00	
5	0,425	0,000	0,000	0,19	43.242	34.000	5,0	0,00	
6	0,480	0,000	0,000	0,19	38.577	34.000	5,0	0,00	
7	0,526	0,000	0,000	0,19	34.200	34.000	5,0	0,00	
8	0,564	0,000	0,000	0,19	30.041	34.000	5,0	0,00	
9	0,597	0,000	0,000	0,19	26.051	34.000	5,0	0,00	
10	0,623	0,000	0,000	0,19	22.193	34.000	5,0	0,00	
11	0,648	0,000	0,000	0,19	18.439	34.000	5,0	0,00	
12	0,707	0,000	0,000	0,19	14.766	34.000	5,0	0,00	
13	0,763	0,000	0,000	0,19	11.154	34.000	5,0	0,00	
14	0,926	0,000	0,000	0,19	7.586	34.000	5,0	0,00	
15	0,913	0,000	0,000	0,19	4.048	34.000	5,0	0,00	
16	0,295	0,000	0,000	0,19	0.526	34.000	5,0	0,00	
17	0,249	0,000	0,000	0,19	-2.995	34.000	5,0	0,00	
18	0,184	0,000	0,000	0,19	-6.526	34.000	5,0	0,00	
19	0,174	0,000	0,000	0,19	-10.084	34.000	5,0	0,00	
20	0,160	0,000	0,000	0,19	-13.680	34.000	5,0	0,00	
21	0,142	0,000	0,000	0,19	-17.334	34.000	5,0	0,00	
22	0,119	0,000	0,000	0,19	-21.061	34.000	5,0	0,00	
23	0,091	0,000	0,000	0,19	-24.885	34.000	5,0	0,00	
24	0,057	0,000	0,000	0,19	-28.832	34.000	5,0	0,00	
25	0,018	0,000	0,000	-2,25 - 0,19	-30.581	34.000	5,0	0,00	

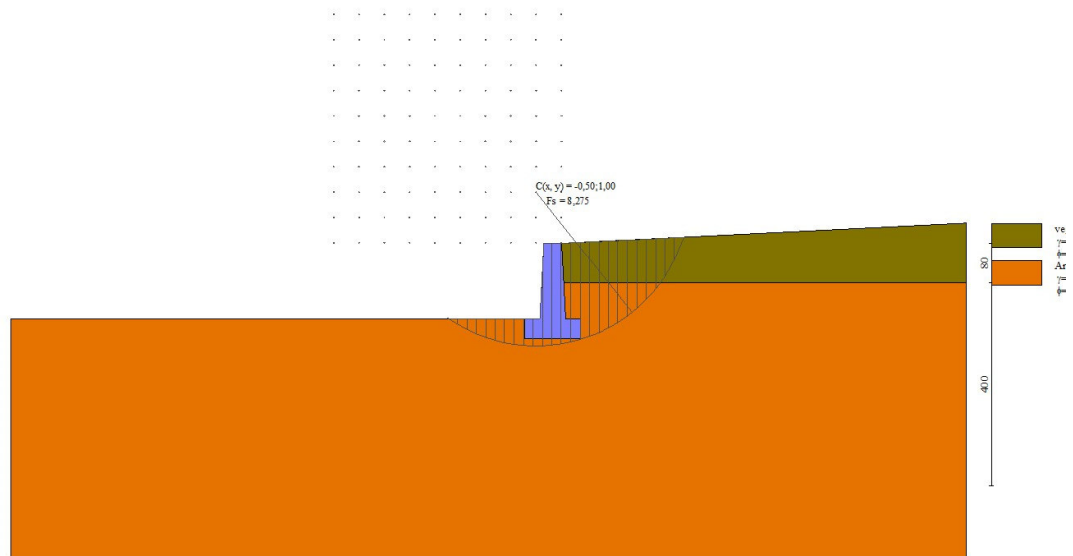


Fig. 12 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5)

**Sollecitazioni**

**Elementi calcolati a trave**

**Simbologia adottata**

n° Indice della sezione  
 X Posizione della sezione, espresso in [m]  
 N Sforzo normale, espresso in [T]. Positivo se di compressione.  
 T Taglio, espresso in [T]. Positivo se diretto da monte verso valle  
 M Momento, espresso in [Tm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
 La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

**Paramento**

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,084	0,093	0,003	0,012	0,000	0,001

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
3	-0,20	0,171	0,189	0,012	0,031	0,001	0,003
4	-0,30	0,261	0,288	0,028	0,057	0,003	0,007
5	-0,40	0,353	0,389	0,049	0,090	0,007	0,014
6	-0,50	0,447	0,493	0,077	0,129	0,013	0,025
7	-0,60	0,544	0,600	0,110	0,175	0,022	0,040
8	-0,70	0,643	0,710	0,150	0,228	0,035	0,060
9	-0,80	0,745	0,823	0,196	0,288	0,052	0,086
10	-0,90	0,850	0,938	0,201	0,308	0,072	0,116
11	-1,00	0,956	1,056	0,201	0,323	0,092	0,148
12	-1,10	1,066	1,176	0,201	0,339	0,113	0,181
13	-1,20	1,178	1,300	0,201	0,356	0,133	0,215
14	-1,30	1,292	1,426	0,201	0,373	0,153	0,252
15	-1,40	1,409	1,555	0,201	0,392	0,173	0,290
16	-1,50	1,528	1,687	0,201	0,411	0,193	0,330

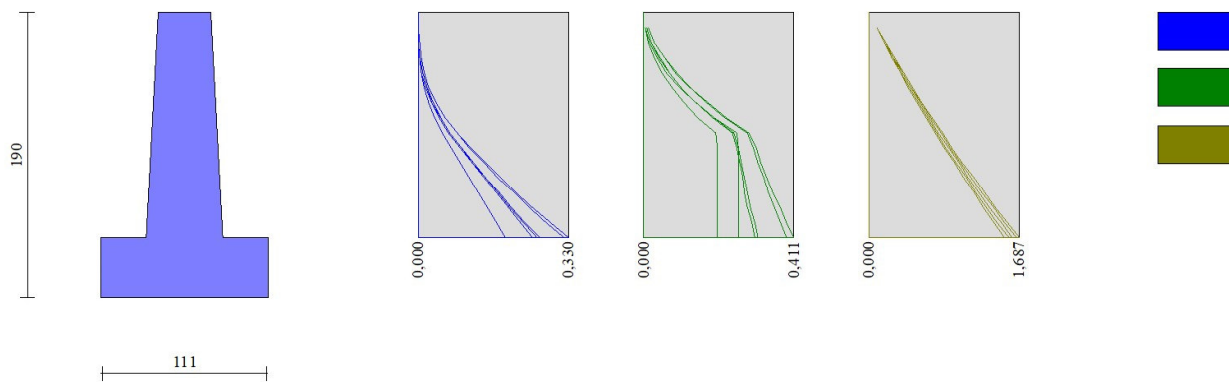


Fig. 13 - Paramento

**Fondazione**

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
1	-0,73	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-0,65	0,000	0,000	0,137	0,257	0,005	0,010
3	-0,58	0,000	0,000	0,280	0,505	0,021	0,038
4	-0,50	0,000	0,000	0,428	0,742	0,047	0,085
5	-0,43	0,000	0,000	0,581	0,969	0,085	0,149
6	0,08	0,000	0,000	-0,400	0,007	-0,065	0,003
7	0,18	0,000	0,000	-0,288	0,014	-0,030	0,002
8	0,28	0,000	0,000	-0,154	0,011	-0,008	0,001
9	0,38	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

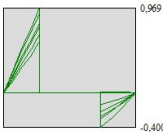
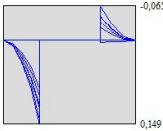
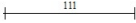
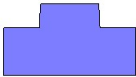


Fig. 14 - Fondazione

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [T]

### Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	0,64	72.30	46.48
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0,44	61.97	27.45
Casseformi	[mq]	3.00	13.94	41.88
Scavo a sezione obbligata	[mc]	0,44	9.30	4.12
<b>Totale muro</b>				<b>119,93</b>
<b>Totale</b>				<b>119,93</b>

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

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

Il sottoscritto Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D., 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 D.M. 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	16.50 G
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Comune di Naso
Licenza	AIU54532G

#### 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  
( Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D. )

---

**Indice**

Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Calcolo della spinta sul muro	3
Valori caratteristici e valori di calcolo	3
Metodo di Culmann	3
Spinta in presenza di falda	3
Spinta in presenza di sisma	3
Verifica a ribaltamento	4
Verifica a scorrimento	4
Verifica al carico limite	5
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Materiali	7
Calcestruzzo armato	7
Acciai	7
Geometria profilo terreno a monte del muro	7
Geometria muro	7
Geometria paramento e fondazione	7
Descrizione terreni	8
Stratigrafia	8
Normativa	9
Descrizione combinazioni di carico	9
Dati sismici	11
Opzioni di calcolo	12
Risultati per combinazione	13
Spinta e forze	13
Verifiche geotecniche	15
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	15
Verifica a scorrimento fondazione	16
Verifica a carico limite	16
Dettagli calcolo portanza	16
Verifica a ribaltamento	17
Verifica stabilità globale muro + terreno	17
Dettagli strisce verifiche stabilità	17
Sollecitazioni	19
Paramento	19
Fondazione	21
Risultati per inviluppo	24
Spinta e forze	24
Verifiche geotecniche	25
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	25
Verifica a scorrimento fondazione	25
Verifica a carico limite	25
Dettagli calcolo portanza	26
Verifica a ribaltamento	26
Verifica stabilità globale muro + terreno	26
Dettagli strisce verifiche stabilità	26

---

Sollecitazioni	27
Paramento	27
Fondazione	28
Elenco ferri	30
Computo metrico	30
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	31

---

Progetto: Intervento di messa in sicurezza e manutenzione della strada co  
Ditta:  
Comune: Comune di Naso  
Progettista: Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.  
Direttore dei Lavori: Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.  
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)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## Richiami teorici

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

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

### Spinta in presenza di falda

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

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

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

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  $\eta_s$

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

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

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

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:

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione:

c	coesione del terreno in fondazione
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione
B	larghezza della fondazione
D	profondità del piano di posa
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa
N	fattori di capacità portante
d	fattori di profondità del piano di posa
i	fattori di inclinazione del carico

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$
Fattori di forma	$\phi = 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\phi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\phi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\phi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

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

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5B\gamma N_\gamma r_\gamma$$

Verifica alla stabilità globale

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

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.

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [T/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	$\gamma$ [T/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\nu$	n	ntc
1	Cls Armato	N E	Rck 250	B450C	2,50000	250,00 0,00	306659 0	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	f <sub>uk</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	f <sub>ym</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]
B450C	4588,65	5506,38	4588,65

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

(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 [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	8,00	0,40	2.862

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 1,00 [m]

#### Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	2,20	[m]
Altezza paramento libero	2,20	[m]
Spessore in sommità	0,40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,60	[m]
Inclinazione paramento esterno	2,60	[°]
Inclinazione paramento interno	2,60	[°]

#### Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	0,30	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,50	[m]
Lunghezza totale	1,40	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,45	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

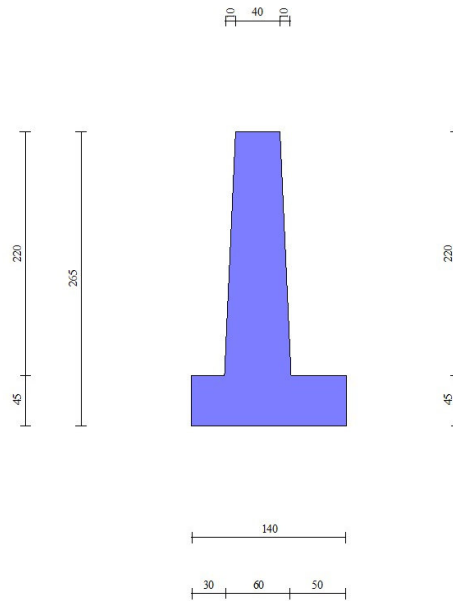


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [T/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [T/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]
<b>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</b>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]

n°	Descr	$\gamma$ [T/mc]	$\gamma_{sat}$ [T/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kg/cm <sup>q</sup> ]	ca [kg/cm <sup>q</sup> ]	Cesp	$\tau_l$ [kg/cm <sup>q</sup> ]
1	Arenarie fratturate e sabbie ben addensate	1,90000	2,00000	34.000	18.670	0,50	0,25	---	---
2	vegetale	1,70000	2,00000	26.000	17.330	0,00	0,00	---	---

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<b>Per calcolo pali (solo se presenti)</b>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	0,80	0.000	vegetale	---	---	---	---	---
2	4,00	0.000	Arenarie fratturate e sabbie ben addensate	---	---	---	---	---

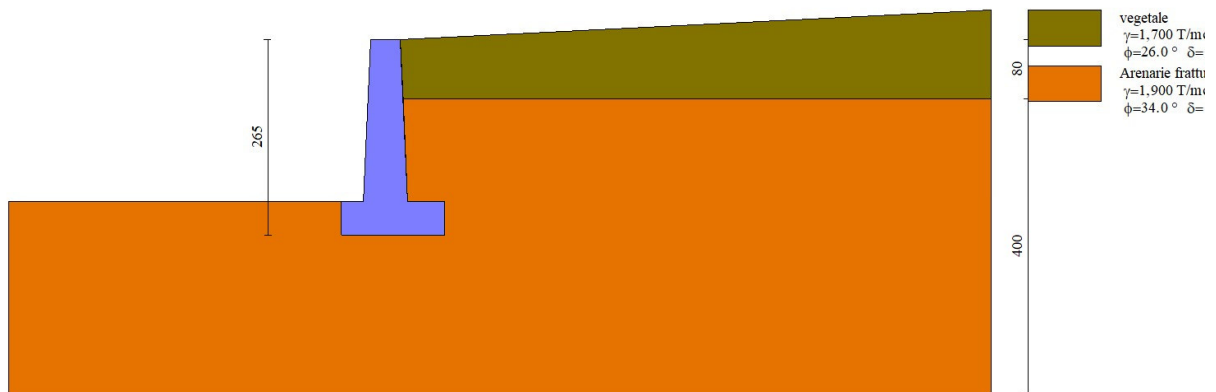


Fig. 2 - Stratigrafia

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche		
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

## Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
------------	----------	--------	---------

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLEP

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Naso
Provincia	Messina
Regione	Sicilia
Latitudine	38.142670
Longitudine	14.746290
Indice punti di interpolazione	45197 - 44975 - 44974 - 45196
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.770	0.785
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.180	0.080
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.530	2.407
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.338	0.293
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	9.876	4.938
Ultimo - Ribaltamento	0.570	14.813	7.407
Esercizio	0.470	5.414	2.707

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_c$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [T]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [T]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	0,282	17,36	0,269	0,084	0,60	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,324/0,000	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,221/0,000	0,33	-1,06
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,572			
2	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,059		0,056	0,018	0,60	-1,76
	Peso/Inerzia muro			0,427	4,324/0,214	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,219	2,221/0,110	0,33	-1,06
3	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,038		0,037	0,011	0,60	-1,76
	Peso/Inerzia muro			0,427	4,324/-0,214	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,219	2,221/-0,110	0,33	-1,06
4	Spinta statica	0,261	14,04	0,253	0,063	0,60	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,324/0,000	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,221/0,000	0,33	-1,06
	Resistenza passiva terreno antistante			-3,287			
5	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,059		0,056	0,018	0,60	-1,76
	Peso/Inerzia muro			0,427	4,324/0,214	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,219	2,221/0,110	0,33	-1,06
6	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,038		0,037	0,011	0,60	-1,76
	Peso/Inerzia muro			0,427	4,324/-0,214	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,219	2,221/-0,110	0,33	-1,06
7	Spinta statica	0,282	17,36	0,269	0,084	0,60	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,324/0,000	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,221/0,000	0,33	-1,06
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,572			
8	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,094		0,089	0,028	0,60	-1,76
	Peso/Inerzia muro			0,641	4,324/0,320	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,329	2,221/0,165	0,33	-1,06
9	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,064		0,061	0,019	0,60	-1,76
	Peso/Inerzia muro			0,641	4,324/-0,320	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,329	2,221/-0,165	0,33	-1,06
10	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,324/0,000	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,221/0,000	0,33	-1,06
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,572			
11	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,324/0,000	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,221/0,000	0,33	-1,06
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,572			
12	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,324/0,000	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,221/0,000	0,33	-1,06
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,572			
13	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,031		0,029	0,009	0,60	-1,76
	Peso/Inerzia muro			0,234	4,324/0,117	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,120	2,221/0,060	0,33	-1,06
14	Spinta statica	0,217	17,36	0,207	0,065	0,60	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,019		0,018	0,006	0,60	-1,76
	Peso/Inerzia muro			0,234	4,324/-0,117	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,120	2,221/-0,060	0,33	-1,06
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,572			

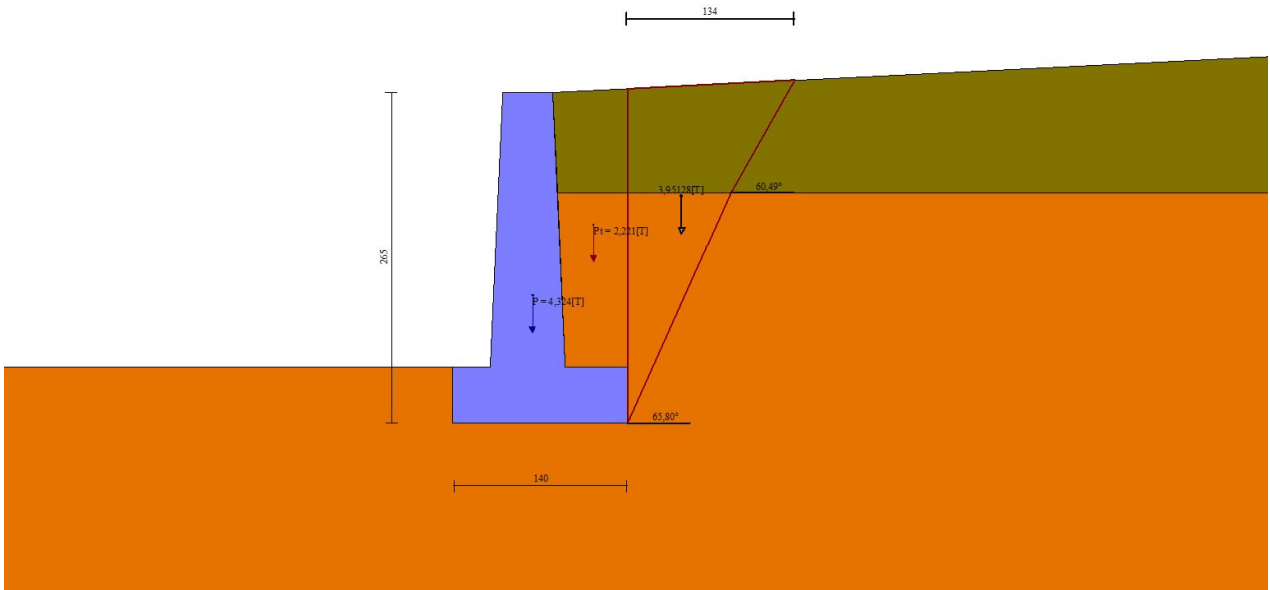


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

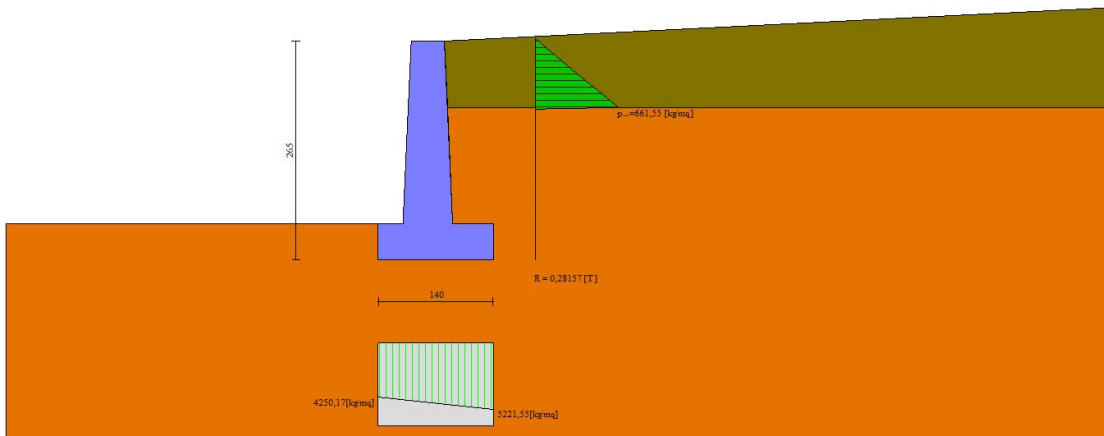


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

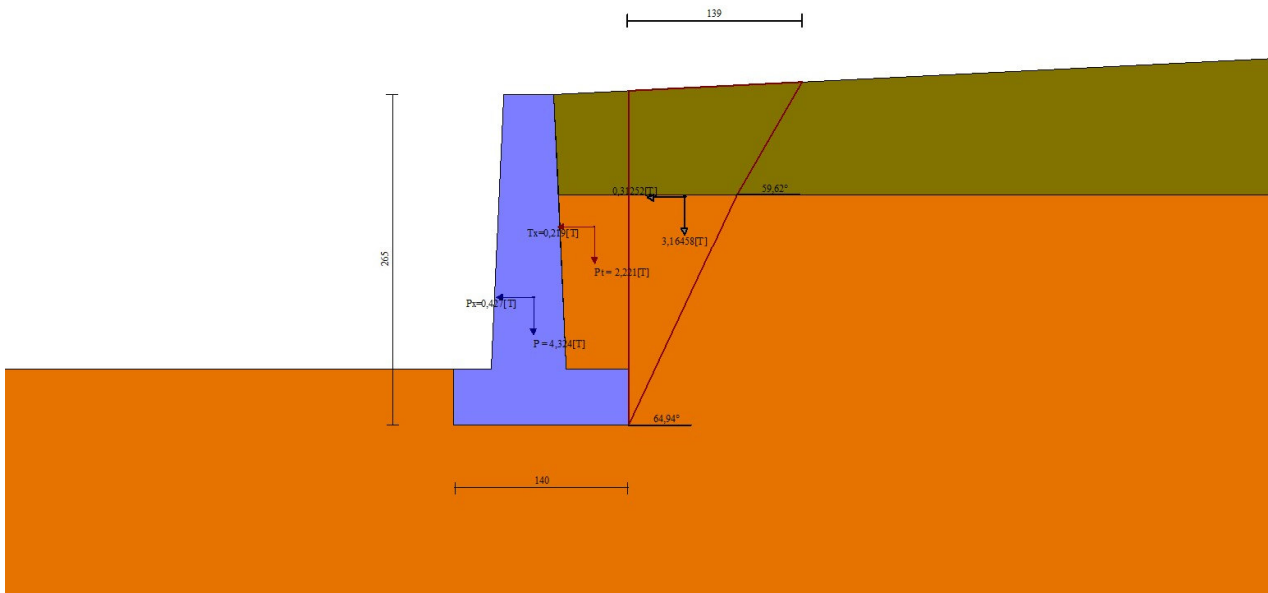


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

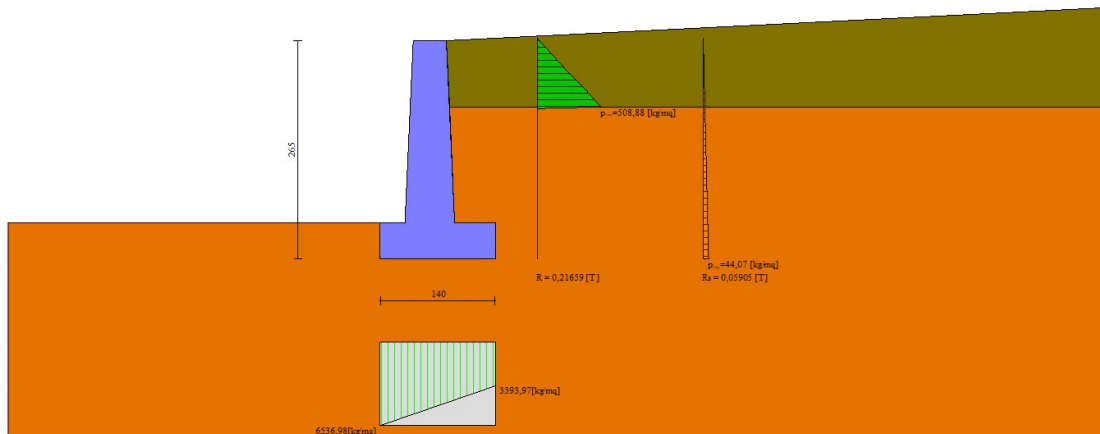


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		38.369		52.814			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	11.457		38.476			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	11.464		40.442			
4 - GEO (A2-M2-R2)					6.240		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				6.381		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				6.747		
7 - EQU (A1-M1-R3)			9.420				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.403				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.607				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [T]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [T]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [T]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [T]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [T]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [T]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa [T]	Rpt [T]	Rps [T]	Rp [T]	Rt [T]	R [T]	T [T]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	5,740	4,572	0,000	--	--	10,311	0,269	38.369
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	5,848	4,572	0,000	--	--	10,420	0,909	11.457
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	5,628	4,572	0,000	--	--	10,199	0,890	11.464

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [T]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [T]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [T]	Qu [T]	Qd [T]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	6,629	350,121	250,086	52.814
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	6,951	267,436	222,863	38.476
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	6,298	254,708	212,257	40.442

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5ByNy viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [T/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm <sup>2</sup> ]
σv	Pressione terreno valle, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
σm	Pressione terreno monte, espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	42.164	0.949	1.121	--	--	--	--	--	--	0.869	1.000
	29.440	0.949	1.060	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.868	1.060	--	--	--	--	--	--		
2	42.164	0.841	1.121	--	--	--	--	--	--	0.770	1.000
	29.440	0.841	1.060	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.610	1.060	--	--	--	--	--	--		
3	42.164	0.829	1.121	--	--	--	--	--	--	0.747	1.000
	29.440	0.829	1.060	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.583	1.060	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [T/mc]	φ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0,45	1,40	1,32	1,900	34,00	0,50
2	0,45	1,40	1,32	1,900	34,00	0,50

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	$\gamma$ [T/mc]	$\phi$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]
3	0,45	1,40	1,32	1,900	34,00	0,50

n°	$\sigma_v$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_m$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0,43	0,52
2	0,65	0,34
3	0,62	0,28

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [Tm]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [Tm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [Tm]	Mr [Tm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	5,368	0,570	9.420
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	5,769	1,695	3.403
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	5,368	2,059	2.607

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 0,00	2,88	6.240
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 1,00	3,82	6.381
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 1,00	3,82	6.747

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

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 [T]
Qy	carico sulla striscia espresso in [T]
Qf	carico acqua sulla striscia espresso in [T]
$\alpha$	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/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]	u [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tx; Ty [T]
1	0,233	0,000	0,000	2,37 - 0,19	77.711	21.315	0,00	0,000	
2	0,451	0,000	0,000	0,19	64.419	28.352	0,40	0,000	
3	0,571	0,000	0,000	0,19	56.604	28.352	0,40	0,000	
4	0,661	0,000	0,000	0,19	50.216	28.352	0,40	0,000	
5	0,733	0,000	0,000	0,19	44.607	28.352	0,40	0,000	
6	0,792	0,000	0,000	0,19	39.503	28.352	0,40	0,000	
7	0,841	0,000	0,000	0,19	34.754	28.352	0,40	0,000	
8	0,881	0,000	0,000	0,19	30.266	28.352	0,40	0,000	
9	0,915	0,000	0,000	0,19	25.976	28.352	0,40	0,000	
10	0,976	0,000	0,000	0,19	21.838	28.352	0,40	0,000	
11	1,015	0,000	0,000	0,19	17.817	28.352	0,40	0,000	
12	1,032	0,000	0,000	0,19	13.886	28.352	0,40	0,000	
13	1,252	0,000	0,000	0,19	10.020	28.352	0,40	0,000	
14	1,334	0,000	0,000	0,19	6.201	28.352	0,40	0,000	
15	1,188	0,000	0,000	0,19	2.408	28.352	0,40	0,000	
16	0,314	0,000	0,000	0,19	-1.373	28.352	0,40	0,000	
17	0,316	0,000	0,000	0,19	-5.161	28.352	0,40	0,000	
18	0,232	0,000	0,000	0,19	-8.971	28.352	0,40	0,000	
19	0,219	0,000	0,000	0,19	-12.822	28.352	0,40	0,000	
20	0,200	0,000	0,000	0,19	-16.733	28.352	0,40	0,000	
21	0,177	0,000	0,000	0,19	-20.727	28.352	0,40	0,000	
22	0,148	0,000	0,000	0,19	-24.830	28.352	0,40	0,000	
23	0,114	0,000	0,000	0,19	-29.074	28.352	0,40	0,000	
24	0,072	0,000	0,000	0,19	-33.503	28.352	0,40	0,000	
25	0,022	0,000	0,000	-2,37 - 0,19	-35.637	28.352	0,40	0,000	

## Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [T]
1	0,134	0,000	0,000	3,24 - 0,23	71.154	26.000	0,00	0,000	
2	0,357	0,000	0,000	0,23	62.691	26.000	0,00	0,000	
3	0,525	0,000	0,000	0,23	55.752	34.000	0,50	0,000	
4	0,659	0,000	0,000	0,23	49.912	34.000	0,50	0,000	
5	0,767	0,000	0,000	0,23	44.722	34.000	0,50	0,000	
6	0,858	0,000	0,000	0,23	39.966	34.000	0,50	0,000	
7	0,934	0,000	0,000	0,23	35.524	34.000	0,50	0,000	
8	0,998	0,000	0,000	0,23	31.318	34.000	0,50	0,000	
9	1,051	0,000	0,000	0,23	27.293	34.000	0,50	0,000	
10	1,096	0,000	0,000	0,23	23.410	34.000	0,50	0,000	
11	1,133	0,000	0,000	0,23	19.638	34.000	0,50	0,000	
12	1,206	0,000	0,000	0,23	15.953	34.000	0,50	0,000	
13	1,246	0,000	0,000	0,23	12.335	34.000	0,50	0,000	
14	1,381	0,000	0,000	0,23	8.767	34.000	0,50	0,000	
15	1,618	0,000	0,000	0,23	5.232	34.000	0,50	0,000	
16	1,336	0,000	0,000	0,23	1.718	34.000	0,50	0,000	
17	0,338	0,000	0,000	0,23	-1.790	34.000	0,50	0,000	
18	0,286	0,000	0,000	0,23	-5.304	34.000	0,50	0,000	
19	0,255	0,000	0,000	0,23	-8.839	34.000	0,50	0,000	
20	0,236	0,000	0,000	0,23	-12.409	34.000	0,50	0,000	
21	0,210	0,000	0,000	0,23	-16.028	34.000	0,50	0,000	
22	0,176	0,000	0,000	0,23	-19.714	34.000	0,50	0,000	
23	0,135	0,000	0,000	0,23	-23.488	34.000	0,50	0,000	
24	0,085	0,000	0,000	0,23	-27.374	34.000	0,50	0,000	
25	0,027	0,000	0,000	-2,61 - 0,23	-29.366	34.000	0,50	0,000	

## Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [T]
1	0,134	0,000	0,000	3,24 - 0,23	71.154	26.000	0,00	0,000	
2	0,357	0,000	0,000	0,23	62.691	26.000	0,00	0,000	
3	0,525	0,000	0,000	0,23	55.752	34.000	0,50	0,000	
4	0,659	0,000	0,000	0,23	49.912	34.000	0,50	0,000	
5	0,767	0,000	0,000	0,23	44.722	34.000	0,50	0,000	
6	0,858	0,000	0,000	0,23	39.966	34.000	0,50	0,000	
7	0,934	0,000	0,000	0,23	35.524	34.000	0,50	0,000	
8	0,998	0,000	0,000	0,23	31.318	34.000	0,50	0,000	
9	1,051	0,000	0,000	0,23	27.293	34.000	0,50	0,000	
10	1,096	0,000	0,000	0,23	23.410	34.000	0,50	0,000	
11	1,133	0,000	0,000	0,23	19.638	34.000	0,50	0,000	
12	1,206	0,000	0,000	0,23	15.953	34.000	0,50	0,000	
13	1,246	0,000	0,000	0,23	12.335	34.000	0,50	0,000	
14	1,381	0,000	0,000	0,23	8.767	34.000	0,50	0,000	
15	1,618	0,000	0,000	0,23	5.232	34.000	0,50	0,000	
16	1,336	0,000	0,000	0,23	1.718	34.000	0,50	0,000	
17	0,338	0,000	0,000	0,23	-1.790	34.000	0,50	0,000	
18	0,286	0,000	0,000	0,23	-5.304	34.000	0,50	0,000	
19	0,255	0,000	0,000	0,23	-8.839	34.000	0,50	0,000	
20	0,236	0,000	0,000	0,23	-12.409	34.000	0,50	0,000	
21	0,210	0,000	0,000	0,23	-16.028	34.000	0,50	0,000	
22	0,176	0,000	0,000	0,23	-19.714	34.000	0,50	0,000	
23	0,135	0,000	0,000	0,23	-23.488	34.000	0,50	0,000	
24	0,085	0,000	0,000	0,23	-27.374	34.000	0,50	0,000	
25	0,027	0,000	0,000	-2,61 - 0,23	-29.366	34.000	0,50	0,000	

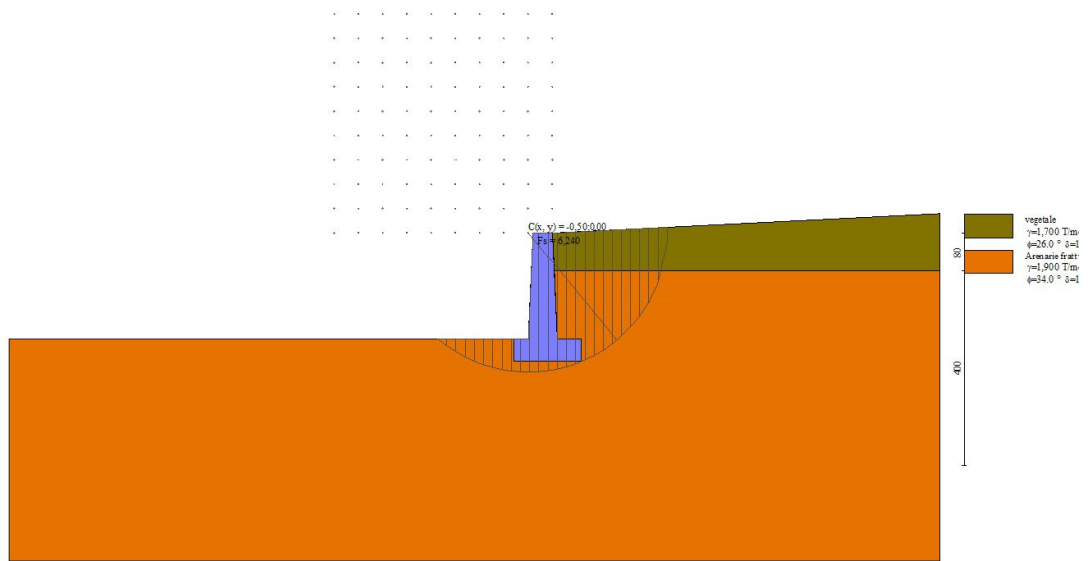


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Sollecitazioni

### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

N Sforzo normale, espresso in [T]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [T]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [Tm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

## Paramento

### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,101	0,004	0,000
3	-0,20	0,205	0,016	0,001
4	-0,30	0,310	0,036	0,004
5	-0,40	0,418	0,064	0,009
6	-0,50	0,528	0,099	0,017
7	-0,60	0,641	0,143	0,029
8	-0,70	0,756	0,194	0,045
9	-0,80	0,873	0,253	0,068
10	-0,90	0,992	0,260	0,094
11	-1,00	1,114	0,260	0,120
12	-1,10	1,237	0,260	0,146
13	-1,20	1,363	0,260	0,171
14	-1,30	1,492	0,260	0,197
15	-1,40	1,623	0,260	0,223
16	-1,50	1,755	0,260	0,249
17	-1,60	1,891	0,260	0,275
18	-1,70	2,028	0,260	0,301
19	-1,80	2,168	0,260	0,327
20	-1,90	2,310	0,260	0,353
21	-2,00	2,454	0,260	0,379
22	-2,10	2,601	0,260	0,405
23	-2,20	2,749	0,260	0,431

### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,106	0,013	0,001
3	-0,20	0,215	0,033	0,003
4	-0,30	0,326	0,059	0,007
5	-0,40	0,439	0,092	0,015
6	-0,50	0,554	0,131	0,026

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
7	-0,60	0,673	0,177	0,041
8	-0,70	0,793	0,229	0,062
9	-0,80	0,916	0,288	0,087
10	-0,90	1,041	0,306	0,117
11	-1,00	1,169	0,320	0,148
12	-1,10	1,298	0,334	0,181
13	-1,20	1,431	0,349	0,215
14	-1,30	1,566	0,364	0,251
15	-1,40	1,703	0,380	0,288
16	-1,50	1,842	0,396	0,327
17	-1,60	1,984	0,413	0,367
18	-1,70	2,128	0,430	0,409
19	-1,80	2,275	0,448	0,453
20	-1,90	2,424	0,466	0,498
21	-2,00	2,575	0,484	0,546
22	-2,10	2,729	0,503	0,595
23	-2,20	2,885	0,522	0,646

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,096	0,013	0,001
3	-0,20	0,194	0,033	0,003
4	-0,30	0,295	0,059	0,007
5	-0,40	0,398	0,091	0,015
6	-0,50	0,502	0,130	0,026
7	-0,60	0,609	0,176	0,041
8	-0,70	0,718	0,227	0,061
9	-0,80	0,830	0,285	0,087
10	-0,90	0,943	0,303	0,116
11	-1,00	1,059	0,316	0,147
12	-1,10	1,176	0,330	0,179
13	-1,20	1,296	0,343	0,213
14	-1,30	1,418	0,358	0,248
15	-1,40	1,542	0,372	0,284
16	-1,50	1,669	0,387	0,322
17	-1,60	1,797	0,403	0,362
18	-1,70	1,928	0,419	0,403
19	-1,80	2,061	0,435	0,445
20	-1,90	2,196	0,451	0,490
21	-2,00	2,333	0,468	0,535
22	-2,10	2,472	0,486	0,583
23	-2,20	2,614	0,503	0,633

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,101	0,003	0,000
3	-0,20	0,205	0,012	0,001
4	-0,30	0,310	0,028	0,003
5	-0,40	0,418	0,049	0,007
6	-0,50	0,528	0,076	0,013
7	-0,60	0,641	0,110	0,022
8	-0,70	0,756	0,149	0,035
9	-0,80	0,873	0,195	0,052
10	-0,90	0,992	0,200	0,072
11	-1,00	1,114	0,200	0,092
12	-1,10	1,237	0,200	0,112
13	-1,20	1,363	0,200	0,132
14	-1,30	1,492	0,200	0,152
15	-1,40	1,623	0,200	0,172
16	-1,50	1,755	0,200	0,192
17	-1,60	1,891	0,200	0,212
18	-1,70	2,028	0,200	0,232
19	-1,80	2,168	0,200	0,252
20	-1,90	2,310	0,200	0,272
21	-2,00	2,454	0,200	0,292
22	-2,10	2,601	0,200	0,312
23	-2,20	2,749	0,200	0,332

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,101	0,003	0,000
3	-0,20	0,205	0,012	0,001
4	-0,30	0,310	0,028	0,003
5	-0,40	0,418	0,049	0,007
6	-0,50	0,528	0,076	0,013
7	-0,60	0,641	0,110	0,022
8	-0,70	0,756	0,149	0,035
9	-0,80	0,873	0,195	0,052
10	-0,90	0,992	0,200	0,072
11	-1,00	1,114	0,200	0,092
12	-1,10	1,237	0,200	0,112

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
13	-1,20	1,363	0,200	0,132
14	-1,30	1,492	0,200	0,152
15	-1,40	1,623	0,200	0,172
16	-1,50	1,755	0,200	0,192
17	-1,60	1,891	0,200	0,212
18	-1,70	2,028	0,200	0,232
19	-1,80	2,168	0,200	0,252
20	-1,90	2,310	0,200	0,272
21	-2,00	2,454	0,200	0,292
22	-2,10	2,601	0,200	0,312
23	-2,20	2,749	0,200	0,332

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,101	0,003	0,000
3	-0,20	0,205	0,012	0,001
4	-0,30	0,310	0,028	0,003
5	-0,40	0,418	0,049	0,007
6	-0,50	0,528	0,076	0,013
7	-0,60	0,641	0,110	0,022
8	-0,70	0,756	0,149	0,035
9	-0,80	0,873	0,195	0,052
10	-0,90	0,992	0,200	0,072
11	-1,00	1,114	0,200	0,092
12	-1,10	1,237	0,200	0,112
13	-1,20	1,363	0,200	0,132
14	-1,30	1,492	0,200	0,152
15	-1,40	1,623	0,200	0,172
16	-1,50	1,755	0,200	0,192
17	-1,60	1,891	0,200	0,212
18	-1,70	2,028	0,200	0,232
19	-1,80	2,168	0,200	0,252
20	-1,90	2,310	0,200	0,272
21	-2,00	2,454	0,200	0,292
22	-2,10	2,601	0,200	0,312
23	-2,20	2,749	0,200	0,332

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,104	0,009	0,000
3	-0,20	0,210	0,024	0,002
4	-0,30	0,319	0,045	0,005
5	-0,40	0,429	0,072	0,011
6	-0,50	0,543	0,106	0,020
7	-0,60	0,658	0,146	0,033
8	-0,70	0,776	0,193	0,050
9	-0,80	0,896	0,246	0,071
10	-0,90	1,019	0,258	0,097
11	-1,00	1,144	0,265	0,123
12	-1,10	1,271	0,273	0,150
13	-1,20	1,400	0,281	0,177
14	-1,30	1,532	0,289	0,205
15	-1,40	1,666	0,298	0,235
16	-1,50	1,803	0,306	0,265
17	-1,60	1,942	0,315	0,296
18	-1,70	2,083	0,325	0,328
19	-1,80	2,227	0,334	0,361
20	-1,90	2,372	0,344	0,395
21	-2,00	2,521	0,354	0,429
22	-2,10	2,671	0,364	0,465
23	-2,20	2,824	0,375	0,502

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,098	0,009	0,000
3	-0,20	0,199	0,024	0,002
4	-0,30	0,302	0,045	0,005
5	-0,40	0,407	0,072	0,011
6	-0,50	0,514	0,106	0,020
7	-0,60	0,624	0,146	0,032
8	-0,70	0,735	0,192	0,049
9	-0,80	0,849	0,244	0,071
10	-0,90	0,965	0,256	0,096
11	-1,00	1,083	0,263	0,122
12	-1,10	1,204	0,270	0,149
13	-1,20	1,327	0,278	0,176
14	-1,30	1,451	0,285	0,204
15	-1,40	1,579	0,293	0,233
16	-1,50	1,708	0,301	0,262
17	-1,60	1,839	0,310	0,293
18	-1,70	1,973	0,318	0,324

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
19	-1,80	2,109	0,327	0,356
20	-1,90	2,247	0,336	0,389
21	-2,00	2,388	0,345	0,423
22	-2,10	2,530	0,354	0,458
23	-2,20	2,675	0,364	0,494

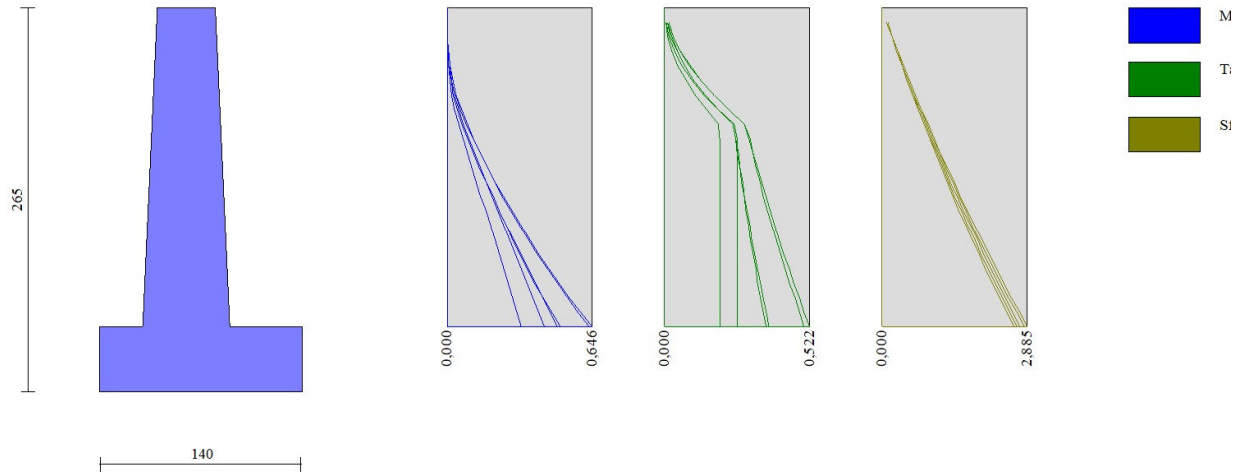


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

### Fondazione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,80	0,000	0,000	0,000
2	-0,70	0,000	0,316	0,016
3	-0,60	0,000	0,639	0,063
4	-0,50	0,000	0,969	0,144
5	0,10	0,000	-0,671	-0,162
6	0,18	0,000	-0,549	-0,111
7	0,27	0,000	-0,431	-0,070
8	0,35	0,000	-0,317	-0,039
9	0,43	0,000	-0,207	-0,017
10	0,52	0,000	-0,102	-0,004
11	0,60	0,000	0,000	0,000

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,80	0,000	0,000	0,000
2	-0,70	0,000	0,530	0,027
3	-0,60	0,000	1,037	0,105
4	-0,50	0,000	1,523	0,233
5	0,10	0,000	-0,610	-0,177
6	0,18	0,000	-0,549	-0,128
7	0,27	0,000	-0,471	-0,086
8	0,35	0,000	-0,378	-0,050
9	0,43	0,000	-0,268	-0,023
10	0,52	0,000	-0,142	-0,006
11	0,60	0,000	0,000	0,000

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,80	0,000	0,000	0,000
2	-0,70	0,000	0,498	0,025
3	-0,60	0,000	0,972	0,099
4	-0,50	0,000	1,421	0,219
5	0,10	0,000	-0,895	-0,250

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
6	0,18	0,000	-0,790	-0,180
7	0,27	0,000	-0,668	-0,119
8	0,35	0,000	-0,527	-0,069
9	0,43	0,000	-0,369	-0,032
10	0,52	0,000	-0,194	-0,008
11	0,60	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,80	0,000	0,000	0,000
2	-0,70	0,000	0,281	0,014
3	-0,60	0,000	0,574	0,057
4	-0,50	0,000	0,880	0,129
5	0,10	0,000	0,046	0,023
6	0,18	0,000	0,058	0,019
7	0,27	0,000	0,062	0,014
8	0,35	0,000	0,058	0,009
9	0,43	0,000	0,047	0,004
10	0,52	0,000	0,027	0,001
11	0,60	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,80	0,000	0,000	0,000
2	-0,70	0,000	0,281	0,014
3	-0,60	0,000	0,574	0,057
4	-0,50	0,000	0,880	0,129
5	0,10	0,000	0,046	0,023
6	0,18	0,000	0,058	0,019
7	0,27	0,000	0,062	0,014
8	0,35	0,000	0,058	0,009
9	0,43	0,000	0,047	0,004
10	0,52	0,000	0,027	0,001
11	0,60	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,80	0,000	0,000	0,000
2	-0,70	0,000	0,281	0,014
3	-0,60	0,000	0,574	0,057
4	-0,50	0,000	0,880	0,129
5	0,10	0,000	0,046	0,023
6	0,18	0,000	0,058	0,019
7	0,27	0,000	0,062	0,014
8	0,35	0,000	0,058	0,009
9	0,43	0,000	0,047	0,004
10	0,52	0,000	0,027	0,001
11	0,60	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,80	0,000	0,000	0,000
2	-0,70	0,000	0,417	0,021
3	-0,60	0,000	0,828	0,083
4	-0,50	0,000	1,231	0,186
5	0,10	0,000	-0,313	-0,086
6	0,18	0,000	-0,274	-0,062
7	0,27	0,000	-0,230	-0,041
8	0,35	0,000	-0,180	-0,024
9	0,43	0,000	-0,126	-0,011
10	0,52	0,000	-0,065	-0,003
11	0,60	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,80	0,000	0,000	0,000
2	-0,70	0,000	0,400	0,020
3	-0,60	0,000	0,792	0,080
4	-0,50	0,000	1,175	0,178
5	0,10	0,000	-0,469	-0,127
6	0,18	0,000	-0,406	-0,090
7	0,27	0,000	-0,337	-0,059
8	0,35	0,000	-0,262	-0,034
9	0,43	0,000	-0,181	-0,015
10	0,52	0,000	-0,094	-0,004
11	0,60	0,000	0,000	0,000

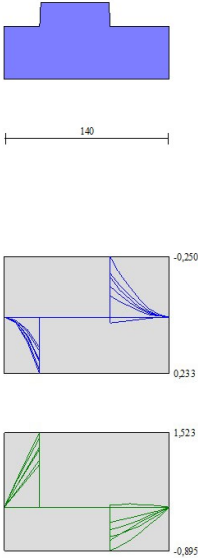


Fig. 9 - Fondazione (Inviluppo)

## Risultati per involucro

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [T]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [T]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	0,282	17,36	0,269	0,084	0,60	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,324/0,000	-0,16	-1,63
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,221/0,000	0,33	-1,06
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,572			

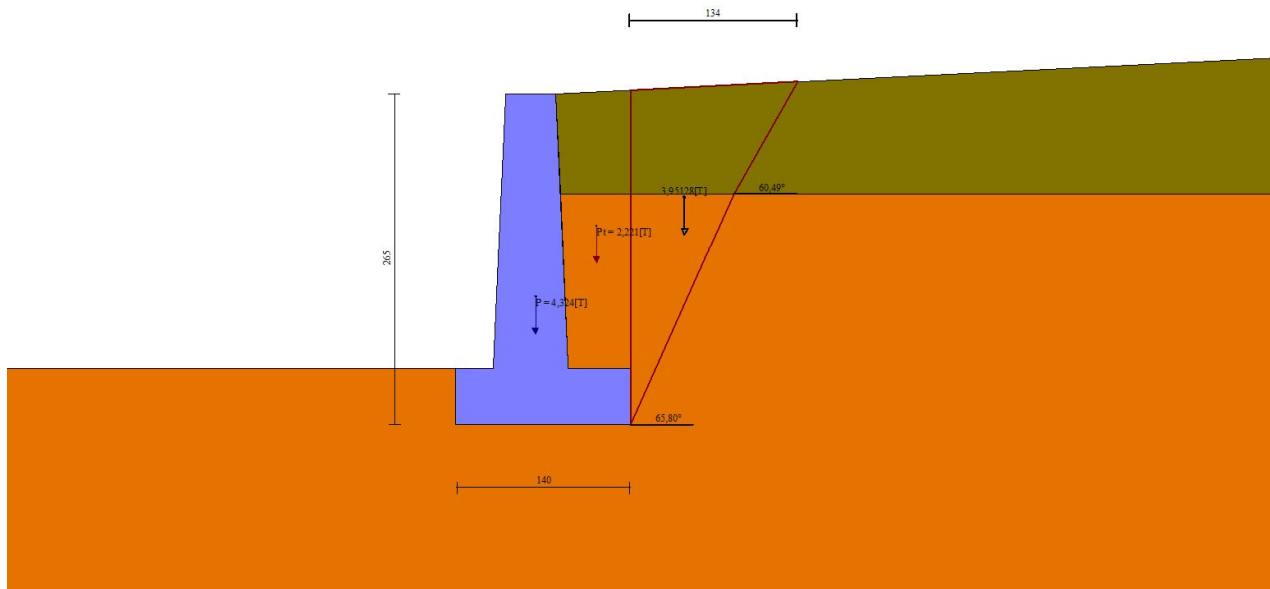


Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

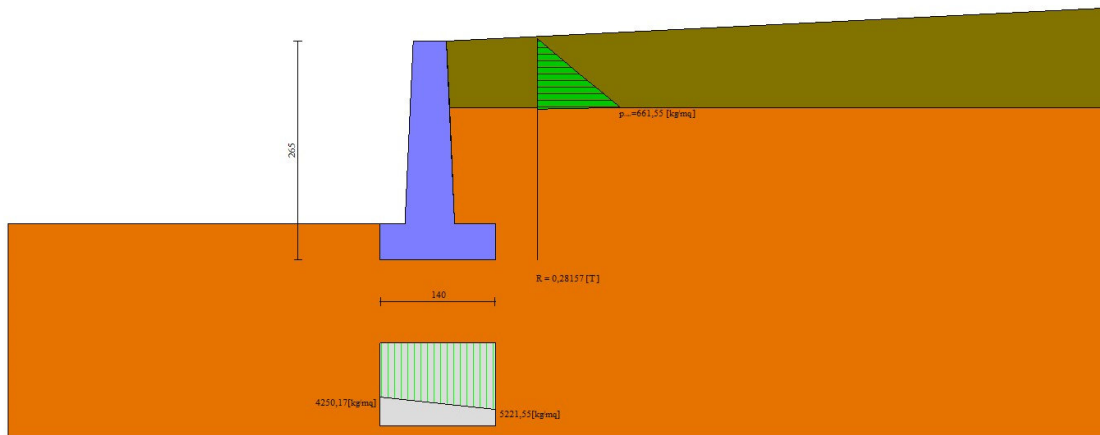


Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		38.369		52.814			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	11.457		38.476			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	11.464		40.442			
4 - GEO (A2-M2-R2)					6.240		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				6.381		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				6.747		
7 - EQU (A1-M1-R3)			9.420				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.403				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.607				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [T]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [T]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [T]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [T]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [T]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [T]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	[T] 5,848	[T] 4,572	[T] 0,000	[T] --	[T] --	[T] 10,420	[T] 0,909	11.457

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [T]

Qu carico limite del terreno, espresso in [T]  
 Qd Portanza di progetto, espresso in [T]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[T]	[T]	[T]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	6,951	267,436	222,863	38.476

## Dettagli calcolo portanza

### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante  
 ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico  
 dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa  
 gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico  
 bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa  
 sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione  
 pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
 Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
 Ir, Irc Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic  
 ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B_y N_y$  viene moltiplicato per questo fattore  
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [T/mc]  
 $\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cmq]  
 $\sigma_v$  Pressione terreno valle, espressa in [kg/cmq]  
 $\sigma_m$  Pressione terreno monte, espressa in [kg/cmq]  
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '-' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
2	42.164 29.440 31.146	0.841 0.841 0.610	1.121 1.060 1.060	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.770	1.000

n°	D	B'	H	$\gamma$	$\phi$	c
	[m]	[m]	[m]	[T/mc]	[°]	[kg/cmq]
2	0,45	1,40	1,32	1,900	34,00	0,50

n°	$\sigma_v$	$\sigma_m$
	[kg/cmq]	[kg/cmq]
2	0,65	0,34

## Verifica a ribaltamento

### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [Tm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [Tm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[Tm]	[Tm]	
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	5,368	2,059	2.607

## Verifica stabilità globale muro + terreno

### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 R Raggio, espresso in [m]  
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 0,00	2,88	6.240

## Dettagli strisce verifiche stabilità

### Simbologia adottata

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 [T]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [T]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [T]  
 $\alpha$  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]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cmq]

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kg/cmq]	u [kg/cmq]	Tx; Ty [T]
1	0,233	0,000	0,000	2,37 - 0,19	77.711	21.315	0,00	0,000	
2	0,451	0,000	0,000	0,19	64.419	28.352	0,40	0,000	
3	0,571	0,000	0,000	0,19	56.604	28.352	0,40	0,000	
4	0,661	0,000	0,000	0,19	50.216	28.352	0,40	0,000	
5	0,733	0,000	0,000	0,19	44.607	28.352	0,40	0,000	
6	0,792	0,000	0,000	0,19	39.503	28.352	0,40	0,000	
7	0,841	0,000	0,000	0,19	34.754	28.352	0,40	0,000	
8	0,881	0,000	0,000	0,19	30.266	28.352	0,40	0,000	
9	0,915	0,000	0,000	0,19	25.976	28.352	0,40	0,000	
10	0,976	0,000	0,000	0,19	21.838	28.352	0,40	0,000	
11	1,015	0,000	0,000	0,19	17.817	28.352	0,40	0,000	
12	1,032	0,000	0,000	0,19	13.886	28.352	0,40	0,000	
13	1,252	0,000	0,000	0,19	10.020	28.352	0,40	0,000	
14	1,334	0,000	0,000	0,19	6.201	28.352	0,40	0,000	
15	1,188	0,000	0,000	0,19	2.408	28.352	0,40	0,000	
16	0,314	0,000	0,000	0,19	-1.373	28.352	0,40	0,000	
17	0,316	0,000	0,000	0,19	-5.161	28.352	0,40	0,000	
18	0,232	0,000	0,000	0,19	-8.971	28.352	0,40	0,000	
19	0,219	0,000	0,000	0,19	-12.822	28.352	0,40	0,000	
20	0,200	0,000	0,000	0,19	-16.733	28.352	0,40	0,000	
21	0,177	0,000	0,000	0,19	-20.727	28.352	0,40	0,000	
22	0,148	0,000	0,000	0,19	-24.830	28.352	0,40	0,000	
23	0,114	0,000	0,000	0,19	-29.074	28.352	0,40	0,000	
24	0,072	0,000	0,000	0,19	-33.503	28.352	0,40	0,000	
25	0,022	0,000	0,000	-2,37 - 0,19	-35.637	28.352	0,40	0,000	

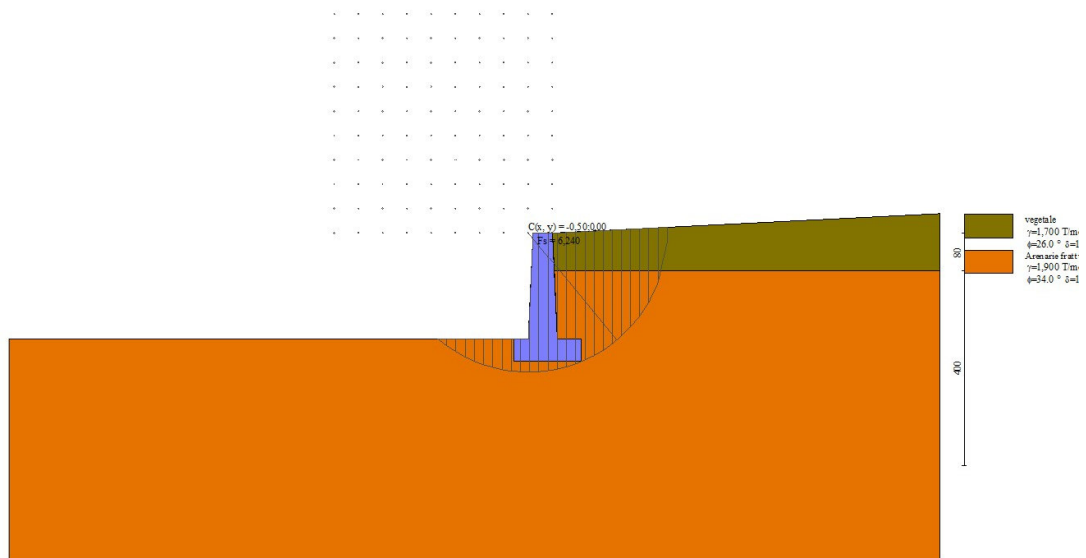


Fig. 12 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

**Sollecitazioni**

**Elementi calcolati a trave**

**Simbologia adottata**

n° Indice della sezione  
 X Posizione della sezione, espresso in [m]  
 N Sforzo normale, espresso in [T]. Positivo se di compressione.  
 T Taglio, espresso in [T]. Positivo se diretto da monte verso valle  
 M Momento, espresso in [Tm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)  
 La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

**Paramento**

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,096	0,106	0,003	0,013	0,000	0,001



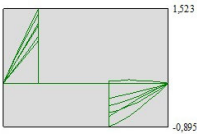
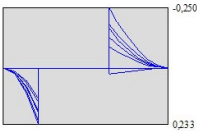
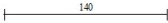
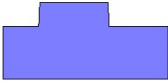


Fig. 14 - Fondazione

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [T]

### Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	1,10	72.30	79.51
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0,63	61.97	39.04
Casseformi	[mq]	4.40	13.94	61.40
Scavo a sezione obbligata	[mc]	0,63	9.30	5.86
<b>Totale muro</b>				<b>185,81</b>
<b>Totale</b>				<b>185,81</b>

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

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

Il sottoscritto Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D., 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 D.M. 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	16.50 G
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Comune di Naso
Licenza	AIU54532G

#### 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  
( Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D. )

---

**Indice**

Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Calcolo della spinta sul muro	3
Valori caratteristici e valori di calcolo	3
Metodo di Culmann	3
Spinta in presenza di falda	3
Spinta in presenza di sisma	3
Verifica a ribaltamento	4
Verifica a scorrimento	4
Verifica al carico limite	5
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Materiali	7
Calcestruzzo armato	7
Acciai	7
Geometria profilo terreno a monte del muro	7
Geometria muro	7
Geometria paramento e fondazione	7
Descrizione terreni	8
Stratigrafia	8
Normativa	9
Descrizione combinazioni di carico	9
Dati sismici	11
Opzioni di calcolo	12
Risultati per combinazione	13
Spinta e forze	13
Verifiche geotecniche	15
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	15
Verifica a scorrimento fondazione	16
Verifica a carico limite	16
Dettagli calcolo portanza	16
Verifica a ribaltamento	17
Verifica stabilità globale muro + terreno	17
Dettagli strisce verifiche stabilità	17
Sollecitazioni	19
Paramento	19
Fondazione	22
Risultati per inviluppo	25
Spinta e forze	25
Verifiche geotecniche	26
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	26
Verifica a scorrimento fondazione	26
Verifica a carico limite	26
Dettagli calcolo portanza	27
Verifica a ribaltamento	27
Verifica stabilità globale muro + terreno	27
Dettagli strisce verifiche stabilità	27

---

Sollecitazioni	28
Paramento	28
Fondazione	29
Elenco ferri	31
Computo metrico	31
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	32

---

Progetto:	Intervento di messa in sicurezza e manutenzione della strada co
Ditta:	Comune di Naso
Comune:	Comune di Naso
Progettista:	Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.
Direttore dei Lavori:	Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.
Impresa:	Cuticchia Antonino

## 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)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## Richiami teorici

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

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

### Spinta in presenza di falda

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

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

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

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  $\eta_s$

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

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  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppata 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  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

con

$$L_r = B_r - L_c$$

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,  $\delta_r$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_r$  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:

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c + q N_q s_q d_q i_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione:

c	coesione del terreno in fondazione
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione
B	larghezza della fondazione
D	profondità del piano di posa
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa
N	fattori di capacità portante
d	fattori di profondità del piano di posa
i	fattori di inclinazione del carico

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$
Fattori di forma	$\phi = 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\phi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\phi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\phi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

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

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

#### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

#### Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_\gamma r_\gamma$$

#### Verifica alla stabilità globale

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

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

**Dati****Materiali****Simbologia adottata**

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [T/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [T/mq]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [T/mq]
E	Modulo elastico, espresso in [T/mq]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

**Calcestruzzo armato**

n°	Descr	N / E	C	A	$\gamma$ [T/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [T/mq]	E [T/mq]	$\nu$	n	ntc
1	Cls Armato	N E	Rck 250	B450C	2,50000	2500,0 0,0	3066588 0	0.30	15.00	0.50

**Acciai**

Descr	f <sub>yk</sub> [T/mq]	f <sub>uk</sub> [T/mq]	f <sub>ym</sub> [T/mq]
B450C	45886,5	55063,8	45886,5

**Geometria profilo terreno a monte del muro****Simbologia adottata**

(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 [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	8,00	0,40	2.862

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

**Geometria muro****Geometria paramento e fondazione**

Lunghezza muro 1,00 [m]

**Paramento**

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	2,95	[m]
Altezza paramento libero	2,75	[m]
Spessore in sommità	0,30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,40	[m]
Inclinazione paramento esterno	2,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

**Fondazione**

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	0,70	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,40	[m]
Lunghezza totale	1,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Sperone

Posizione	Centrale	
Distanza dal tacco della fondazione	0,40	[m]
Altezza	0,20	[m]
Spessore	0,40	[m]

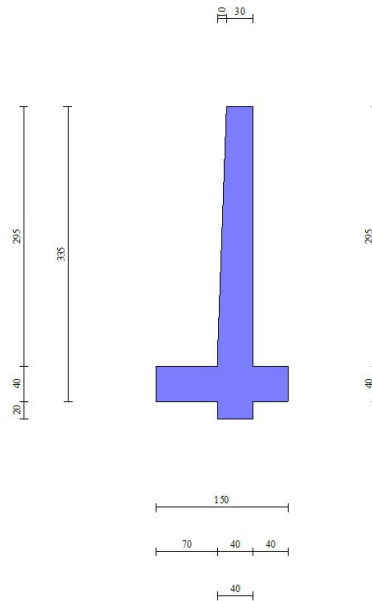


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreniParametri di resistenzaSimbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [T/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [T/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [T/mq]
ca	Adesione terra-muro espressa in [T/mq]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [T/mq]

n°	Descr	$\gamma$ [T/mc]	$\gamma_{sat}$ [T/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [T/mq]	ca [T/mq]	Cesp	$\tau_l$ [T/mq]
1	Arenarie fratturate e sabbie ben addensate	1,90000	2,00000	34.000	18.670	5,0	2,5	---	---
2	vegetale	1,70000	2,00000	26.000	17.330	0,0	0,0	---	---

StratigrafiaSimbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
----	----------	-----------------	---------	-----------------------------	----	------	--------------------	--------------------

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	0,80	0.000	vegetale	---	---	---	---	---
2	4,00	0.000	Arenarie fratturate e sabbie ben addensate	---	---	---	---	---

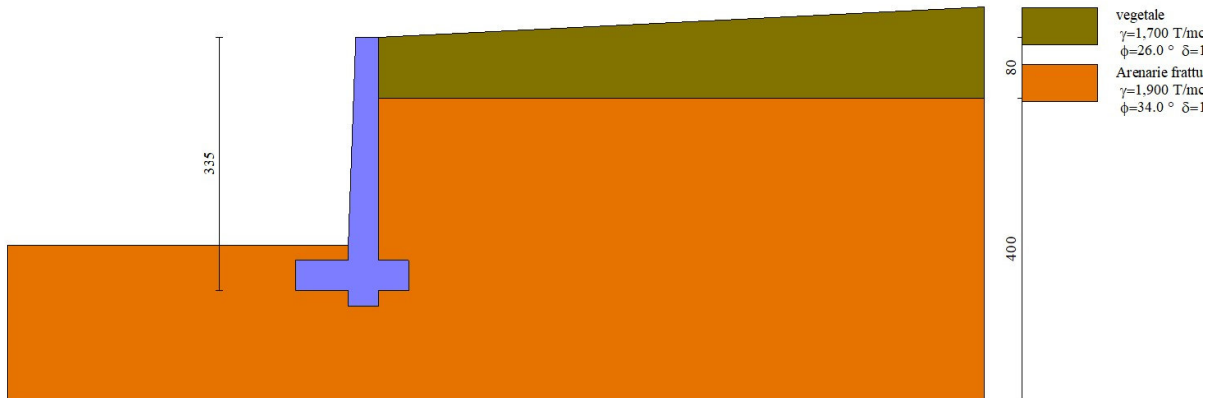


Fig. 2 - Stratigrafia

**Condizioni di carico**

**Simbologia adottata**

Carichi verticali positivi verso il basso.  
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
 Momento positivo senso antiorario.

- X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
- F<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [T]
- F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [T]
- M Momento espresso in [Tm]
- X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
- X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
- Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [T]
- Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [T]

**Condizione n° 1 (Condizione 1) - PERMANENTE**

*Carichi sul terreno*

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [T]	F <sub>y</sub> [T]	M [Tm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [T]	Q <sub>f</sub> [T]
1	Distribuito					3,44	6,64	1,00000	1,00000
2	Distribuito					6,44	8,00	6,00000	6,00000

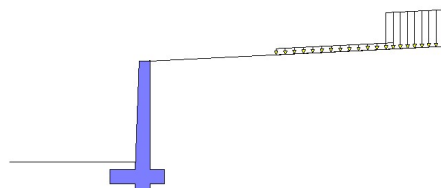


Fig. 3 - Carichi sul terreno

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

## Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	--	Sfavorevole

### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Naso
Provincia	Messina
Regione	Sicilia
Latitudine	38.142670
Longitudine	14.746290
Indice punti di interpolazione	45197 - 44975 - 44974 - 45196
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.770	0.785
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.180	0.080
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.530	2.407
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.338	0.293
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	9.876	4.938
Ultimo - Ribaltamento	0.570	14.813	7.407
Esercizio	0.470	5.414	2.707

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_c$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [T]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [T]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	0,275	17,36	0,262	0,082	0,40	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,295/0,000	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,185/0,000	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
	Resistenza passiva sperone			-2,478			
2	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,058		0,055	0,017	0,40	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0,424	4,295/0,212	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,216	2,185/0,108	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
Resistenza passiva sperone			-2,981				
3	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,037		0,036	0,011	0,40	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0,424	4,295/-0,212	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,216	2,185/-0,108	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
Resistenza passiva sperone			-2,889				
4	Spinta statica	0,255	14,04	0,247	0,062	0,40	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,295/0,000	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,185/0,000	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-4,502			
	Resistenza passiva sperone			-1,948			
5	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,058		0,055	0,017	0,40	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0,424	4,295/0,212	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,216	2,185/0,108	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
Resistenza passiva sperone			-2,981				
6	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,037		0,036	0,011	0,40	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0,424	4,295/-0,212	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,216	2,185/-0,108	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
Resistenza passiva sperone			-2,889				
7	Spinta statica	0,275	17,36	0,262	0,082	0,40	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,295/0,000	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,185/0,000	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
	Resistenza passiva sperone			-2,478			
8	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,091		0,087	0,027	0,40	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0,636	4,295/0,318	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,324	2,185/0,162	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
Resistenza passiva sperone			-3,283				
9	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,063		0,060	0,019	0,40	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0,636	4,295/-0,318	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,324	2,185/-0,162	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
Resistenza passiva sperone			-3,147				
10	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,295/0,000	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,185/0,000	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
	Resistenza passiva sperone			-2,381			
11	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,295/0,000	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,185/0,000	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
	Resistenza passiva sperone			-2,381			
12	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,295/0,000	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,185/0,000	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
	Resistenza passiva sperone			-2,381			

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
13	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,030		0,029	0,009	0,40	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0,233	4,295/0,116	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,118	2,185/0,059	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
	Resistenza passiva sperone			-2,709			
14	Spinta statica	0,211	17,36	0,202	0,063	0,40	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,019		0,018	0,006	0,40	-2,23
	Peso/Inerzia muro			0,233	4,295/-0,116	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,118	2,185/-0,059	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
	Resistenza passiva sperone			-2,659			

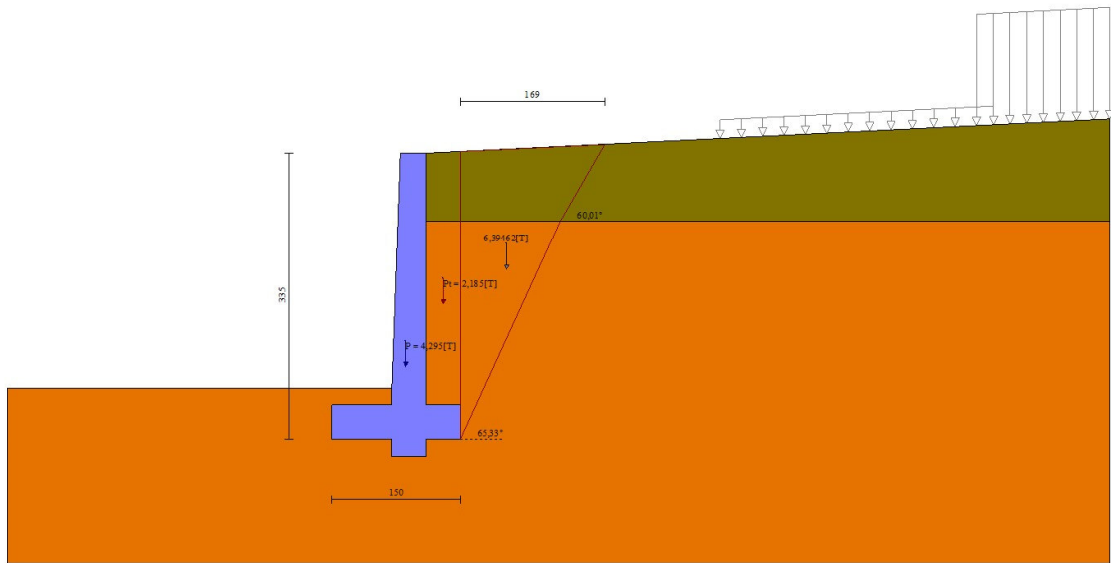


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

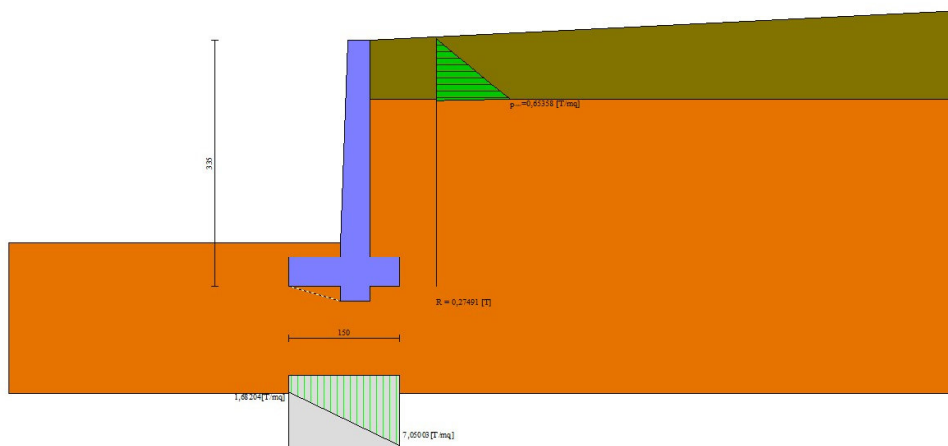


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

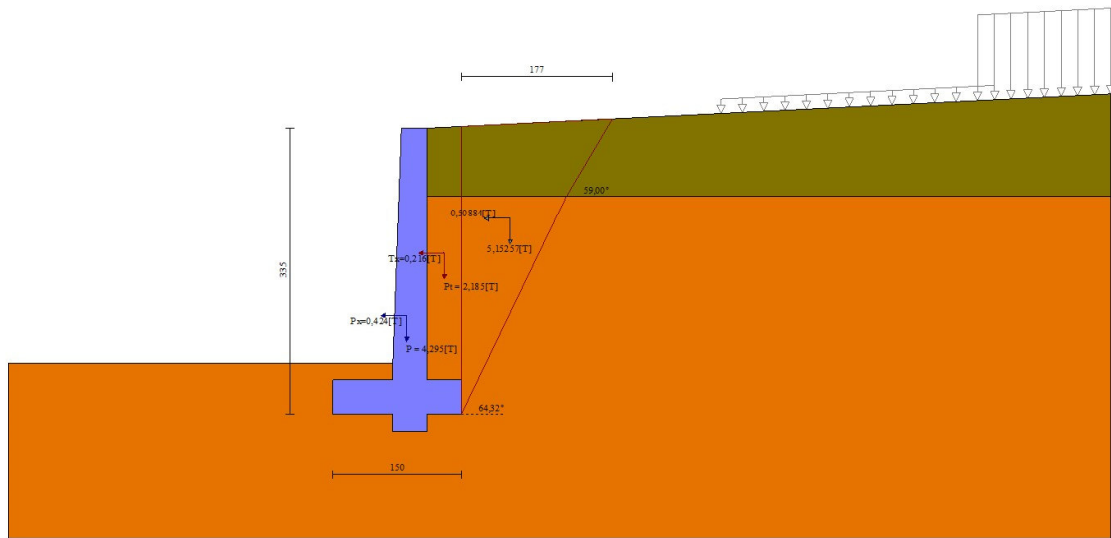


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

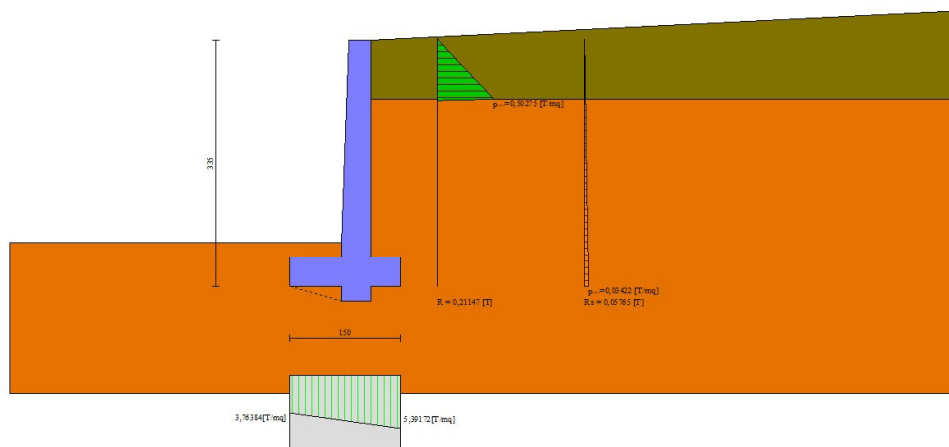


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FSsco	FSRIB	FSQLIM	FSSTAB	FSHYD	FSUPL
1 - STR (A1-M1-R3)		46.685		50.818			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	14.020		52.852			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	14.035		60.842			
4 - GEO (A2-M2-R2)					4.566		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.536		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.742		
7 - EQU (A1-M1-R3)			9.039				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.574				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.711				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [T]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [T]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [T]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [T]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [T]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [T]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	
1 - STR (A1-M1-R3)	3,524	6,247	2,478	--	--	12,249	0,262	46.685
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	3,346	6,247	2,981	--	--	12,574	0,897	14.020
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	3,179	6,247	2,889	--	--	12,316	0,878	14.035

### Dettagli verifica a scorrimento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ncss	Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [T]
$\phi_{Rp}$	Angolo di rottura passiva, espresso in [°]
Nrpp	Carico residuo sul piano di posa, espresso in [T]
Lr	Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	Ncss	$\phi_{Rp}$	Nrpp	Lr
	[T]		[T]	[m]
1	2,063	15.912	4,500	0,80
2	2,908	15.912	3,972	0,80
3	2,755	15.912	3,480	0,80

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [T]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [T]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[T]	[T]	[T]	
1 - STR (A1-M1-R3)	6,562	333,476	238,197	50.818
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	6,880	363,648	303,040	52.852
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	6,234	379,320	316,100	60.842

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
$\gamma$	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_c$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
$\gamma$	Peso di volume del terreno medio, espresso in [T/mc]
$\phi$	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [T/mq]
$\sigma_v$	Pressione terreno valle, espressa in [T/mq]
$\sigma_m$	Pressione terreno monte, espressa in [T/mq]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	42.164	0.999	1.150	--	--	--	--	--	--	0.681	1.000
	29.440	0.999	1.075	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.997	1.075	--	--	--	--	--	--		
2	42.164	0.907	1.150	--	--	--	--	--	--	0.837	1.000
	29.440	0.907	1.075	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.764	1.075	--	--	--	--	--	--		
3	42.164	0.898	1.150	--	--	--	--	--	--	0.884	1.000
	29.440	0.898	1.075	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.741	1.075	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [T/mc]	φ [°]	c [T/mq]
1	0,60	1,50	1,41	1,900	34,00	5,0
2	0,60	1,50	1,41	1,900	34,00	5,0
3	0,60	1,50	1,41	1,900	34,00	5,0

n°	σv [T/mq]	σm [T/mq]
1	1,7	7,1
2	3,8	5,4
3	3,7	4,6

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [Tm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [Tm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [Tm]	Mr [Tm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	6,681	0,739	9.039
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	7,180	2,009	3.574
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	6,681	2,464	2.711

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 R Raggio, espresso in [m]  
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 4,50	8,07	4.566
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	0,00; 4,50	8,07	4.536
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	0,00; 4,50	8,07	4.742

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

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 [T]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [T]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [T]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [T/mq]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [T/mq]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [T/mq]

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,212	2,648	0,000	6,93 - 0,42	55.656	21.315	0,0	0,00	
2	0,604	0,845	0,000	0,42	51.395	21.315	0,0	0,00	
3	0,954	0,420	0,000	0,42	46.827	28.352	4,0	0,00	
4	1,272	0,420	0,000	0,42	42.623	28.352	4,0	0,00	
5	1,545	0,420	0,000	0,42	38.687	28.352	4,0	0,00	
6	1,781	0,420	0,000	0,42	34.959	28.352	4,0	0,00	
7	1,985	0,420	0,000	0,42	31.394	28.352	4,0	0,00	
8	2,162	0,420	0,000	0,42	27.960	28.352	4,0	0,00	
9	2,312	0,132	0,000	0,42	24.633	28.352	4,0	0,00	

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
10	2,440	0,000	0,000	0,42	21.392	28.352	4,0	0,00	
11	2,545	0,000	0,000	0,42	18.222	28.352	4,0	0,00	
12	2,631	0,000	0,000	0,42	15.109	28.352	4,0	0,00	
13	2,697	0,000	0,000	0,42	12.041	28.352	4,0	0,00	
14	2,744	0,000	0,000	0,42	9.008	28.352	4,0	0,00	
15	2,773	0,000	0,000	0,42	6.000	28.352	4,0	0,00	
16	2,829	0,000	0,000	0,42	3.008	28.352	4,0	0,00	
17	3,304	0,000	0,000	0,42	0.025	28.352	4,0	0,00	
18	1,764	0,000	0,000	0,42	-2.958	28.352	4,0	0,00	
19	0,718	0,000	0,000	0,42	-5.949	28.352	4,0	0,00	
20	0,587	0,000	0,000	0,42	-8.956	28.352	4,0	0,00	
21	0,511	0,000	0,000	0,42	-11.989	28.352	4,0	0,00	
22	0,431	0,000	0,000	0,42	-15.056	28.352	4,0	0,00	
23	0,331	0,000	0,000	0,42	-18.169	28.352	4,0	0,00	
24	0,210	0,000	0,000	0,42	-21.338	28.352	4,0	0,00	
25	0,068	0,000	0,000	-3,56 - 0,42	-23.418	28.352	4,0	0,00	

## Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,212	2,648	0,000	6,93 - 0,42	55.656	26.000	0,0	0,00	
2	0,604	0,845	0,000	0,42	51.395	26.000	0,0	0,00	
3	0,954	0,420	0,000	0,42	46.827	34.000	5,0	0,00	
4	1,272	0,420	0,000	0,42	42.623	34.000	5,0	0,00	
5	1,545	0,420	0,000	0,42	38.687	34.000	5,0	0,00	
6	1,781	0,420	0,000	0,42	34.959	34.000	5,0	0,00	
7	1,985	0,420	0,000	0,42	31.394	34.000	5,0	0,00	
8	2,162	0,420	0,000	0,42	27.960	34.000	5,0	0,00	
9	2,312	0,132	0,000	0,42	24.633	34.000	5,0	0,00	
10	2,440	0,000	0,000	0,42	21.392	34.000	5,0	0,00	
11	2,545	0,000	0,000	0,42	18.222	34.000	5,0	0,00	
12	2,631	0,000	0,000	0,42	15.109	34.000	5,0	0,00	
13	2,697	0,000	0,000	0,42	12.041	34.000	5,0	0,00	
14	2,744	0,000	0,000	0,42	9.008	34.000	5,0	0,00	
15	2,773	0,000	0,000	0,42	6.000	34.000	5,0	0,00	
16	2,829	0,000	0,000	0,42	3.008	34.000	5,0	0,00	
17	3,304	0,000	0,000	0,42	0.025	34.000	5,0	0,00	
18	1,764	0,000	0,000	0,42	-2.958	34.000	5,0	0,00	
19	0,718	0,000	0,000	0,42	-5.949	34.000	5,0	0,00	
20	0,587	0,000	0,000	0,42	-8.956	34.000	5,0	0,00	
21	0,511	0,000	0,000	0,42	-11.989	34.000	5,0	0,00	
22	0,431	0,000	0,000	0,42	-15.056	34.000	5,0	0,00	
23	0,331	0,000	0,000	0,42	-18.169	34.000	5,0	0,00	
24	0,210	0,000	0,000	0,42	-21.338	34.000	5,0	0,00	
25	0,068	0,000	0,000	-3,56 - 0,42	-23.418	34.000	5,0	0,00	

## Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,212	2,648	0,000	6,93 - 0,42	55.656	26.000	0,0	0,00	
2	0,604	0,845	0,000	0,42	51.395	26.000	0,0	0,00	
3	0,954	0,420	0,000	0,42	46.827	34.000	5,0	0,00	
4	1,272	0,420	0,000	0,42	42.623	34.000	5,0	0,00	
5	1,545	0,420	0,000	0,42	38.687	34.000	5,0	0,00	
6	1,781	0,420	0,000	0,42	34.959	34.000	5,0	0,00	
7	1,985	0,420	0,000	0,42	31.394	34.000	5,0	0,00	
8	2,162	0,420	0,000	0,42	27.960	34.000	5,0	0,00	
9	2,312	0,132	0,000	0,42	24.633	34.000	5,0	0,00	
10	2,440	0,000	0,000	0,42	21.392	34.000	5,0	0,00	
11	2,545	0,000	0,000	0,42	18.222	34.000	5,0	0,00	
12	2,631	0,000	0,000	0,42	15.109	34.000	5,0	0,00	
13	2,697	0,000	0,000	0,42	12.041	34.000	5,0	0,00	
14	2,744	0,000	0,000	0,42	9.008	34.000	5,0	0,00	
15	2,773	0,000	0,000	0,42	6.000	34.000	5,0	0,00	
16	2,829	0,000	0,000	0,42	3.008	34.000	5,0	0,00	
17	3,304	0,000	0,000	0,42	0.025	34.000	5,0	0,00	
18	1,764	0,000	0,000	0,42	-2.958	34.000	5,0	0,00	
19	0,718	0,000	0,000	0,42	-5.949	34.000	5,0	0,00	
20	0,587	0,000	0,000	0,42	-8.956	34.000	5,0	0,00	
21	0,511	0,000	0,000	0,42	-11.989	34.000	5,0	0,00	
22	0,431	0,000	0,000	0,42	-15.056	34.000	5,0	0,00	
23	0,331	0,000	0,000	0,42	-18.169	34.000	5,0	0,00	
24	0,210	0,000	0,000	0,42	-21.338	34.000	5,0	0,00	
25	0,068	0,000	0,000	-3,56 - 0,42	-23.418	34.000	5,0	0,00	

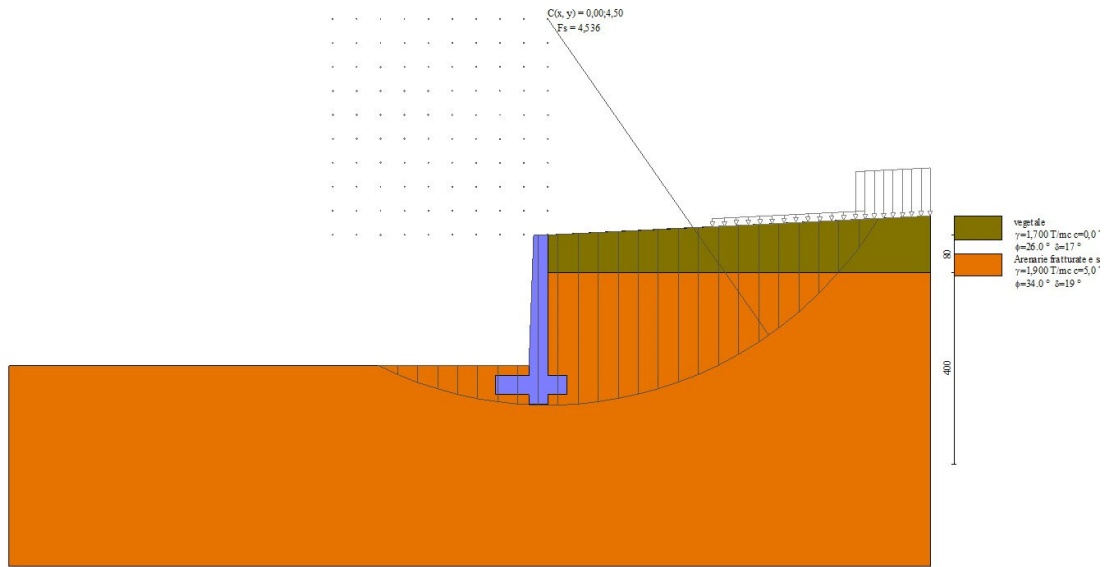


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5)

**Sollecitazioni**

**Elementi calcolati a trave**

**Simbologia adottata**

- n° Indice della sezione
- X Posizione della sezione, espresso in [m]
- N Sforzo normale, espresso in [T]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [T]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [Tm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

**Paramento**

**Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)**

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,074	0,004	0,000
3	-0,20	0,149	0,015	0,001
4	-0,29	0,225	0,033	0,003
5	-0,39	0,302	0,059	0,007
6	-0,49	0,379	0,092	0,014
7	-0,59	0,458	0,133	0,024
8	-0,69	0,537	0,181	0,038
9	-0,79	0,617	0,236	0,058
10	-0,88	0,698	0,250	0,081
11	-0,98	0,780	0,250	0,104
12	-1,08	0,862	0,250	0,128
13	-1,18	0,946	0,250	0,151
14	-1,28	1,030	0,250	0,173
15	-1,38	1,115	0,250	0,196
16	-1,48	1,201	0,250	0,219
17	-1,57	1,288	0,250	0,241
18	-1,67	1,376	0,250	0,263
19	-1,77	1,464	0,250	0,286
20	-1,87	1,554	0,250	0,308
21	-1,97	1,644	0,250	0,329
22	-2,07	1,735	0,250	0,351
23	-2,16	1,827	0,250	0,373
24	-2,26	1,920	0,250	0,394
25	-2,36	2,013	0,250	0,415
26	-2,46	2,108	0,250	0,436
27	-2,56	2,203	0,250	0,457
28	-2,66	2,299	0,250	0,478
29	-2,75	2,396	0,250	0,498
30	-2,85	2,494	0,250	0,519
31	-2,95	2,592	0,250	0,539

**Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V**

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,078	0,010	0,000
3	-0,20	0,157	0,026	0,002
4	-0,29	0,236	0,048	0,005
5	-0,39	0,317	0,076	0,011
6	-0,49	0,398	0,110	0,019
7	-0,59	0,480	0,149	0,031
8	-0,69	0,563	0,195	0,047
9	-0,79	0,647	0,246	0,068
10	-0,88	0,732	0,266	0,092
11	-0,98	0,818	0,275	0,117
12	-1,08	0,905	0,284	0,143
13	-1,18	0,992	0,293	0,170
14	-1,28	1,081	0,303	0,197
15	-1,38	1,170	0,313	0,226
16	-1,48	1,261	0,323	0,255
17	-1,57	1,352	0,333	0,285
18	-1,67	1,444	0,344	0,316
19	-1,77	1,537	0,354	0,347
20	-1,87	1,630	0,365	0,380
21	-1,97	1,725	0,377	0,413
22	-2,07	1,821	0,388	0,448
23	-2,16	1,917	0,399	0,483
24	-2,26	2,014	0,411	0,520
25	-2,36	2,113	0,423	0,557
26	-2,46	2,212	0,435	0,596
27	-2,56	2,312	0,448	0,635
28	-2,66	2,412	0,460	0,676
29	-2,75	2,514	0,473	0,717
30	-2,85	2,617	0,486	0,760
31	-2,95	2,720	0,499	0,804

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,071	0,010	0,000
3	-0,20	0,142	0,026	0,002
4	-0,29	0,214	0,048	0,005
5	-0,39	0,287	0,076	0,011
6	-0,49	0,361	0,109	0,019
7	-0,59	0,435	0,149	0,031
8	-0,69	0,510	0,194	0,047
9	-0,79	0,587	0,245	0,068
10	-0,88	0,663	0,264	0,092
11	-0,98	0,741	0,273	0,117
12	-1,08	0,820	0,281	0,143
13	-1,18	0,899	0,290	0,170
14	-1,28	0,979	0,299	0,197
15	-1,38	1,060	0,309	0,225
16	-1,48	1,142	0,318	0,254
17	-1,57	1,224	0,328	0,284
18	-1,67	1,308	0,338	0,314
19	-1,77	1,392	0,348	0,346
20	-1,87	1,477	0,358	0,378
21	-1,97	1,563	0,368	0,411
22	-2,07	1,649	0,379	0,445
23	-2,16	1,737	0,390	0,480
24	-2,26	1,825	0,400	0,515
25	-2,36	1,914	0,411	0,552
26	-2,46	2,003	0,423	0,590
27	-2,56	2,094	0,434	0,628
28	-2,66	2,185	0,445	0,668
29	-2,75	2,278	0,457	0,708
30	-2,85	2,371	0,469	0,750
31	-2,95	2,464	0,481	0,792

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,074	0,003	0,000
3	-0,20	0,149	0,011	0,000
4	-0,29	0,225	0,026	0,002
5	-0,39	0,302	0,046	0,005
6	-0,49	0,379	0,071	0,010
7	-0,59	0,458	0,102	0,018
8	-0,69	0,537	0,139	0,029
9	-0,79	0,617	0,181	0,043
10	-0,88	0,698	0,192	0,061
11	-0,98	0,780	0,192	0,079
12	-1,08	0,862	0,192	0,096
13	-1,18	0,946	0,192	0,114
14	-1,28	1,030	0,192	0,131
15	-1,38	1,115	0,192	0,148
16	-1,48	1,201	0,192	0,165
17	-1,57	1,288	0,192	0,182
18	-1,67	1,376	0,192	0,198
19	-1,77	1,464	0,192	0,215

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
20	-1,87	1,554	0,192	0,231
21	-1,97	1,644	0,192	0,247
22	-2,07	1,735	0,192	0,263
23	-2,16	1,827	0,192	0,279
24	-2,26	1,920	0,192	0,295
25	-2,36	2,013	0,192	0,310
26	-2,46	2,108	0,192	0,326
27	-2,56	2,203	0,192	0,341
28	-2,66	2,299	0,192	0,356
29	-2,75	2,396	0,192	0,371
30	-2,85	2,494	0,192	0,385
31	-2,95	2,592	0,192	0,400

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,074	0,003	0,000
3	-0,20	0,149	0,011	0,000
4	-0,29	0,225	0,026	0,002
5	-0,39	0,302	0,046	0,005
6	-0,49	0,379	0,071	0,010
7	-0,59	0,458	0,102	0,018
8	-0,69	0,537	0,139	0,029
9	-0,79	0,617	0,181	0,043
10	-0,88	0,698	0,192	0,061
11	-0,98	0,780	0,192	0,079
12	-1,08	0,862	0,192	0,096
13	-1,18	0,946	0,192	0,114
14	-1,28	1,030	0,192	0,131
15	-1,38	1,115	0,192	0,148
16	-1,48	1,201	0,192	0,165
17	-1,57	1,288	0,192	0,182
18	-1,67	1,376	0,192	0,198
19	-1,77	1,464	0,192	0,215
20	-1,87	1,554	0,192	0,231
21	-1,97	1,644	0,192	0,247
22	-2,07	1,735	0,192	0,263
23	-2,16	1,827	0,192	0,279
24	-2,26	1,920	0,192	0,295
25	-2,36	2,013	0,192	0,310
26	-2,46	2,108	0,192	0,326
27	-2,56	2,203	0,192	0,341
28	-2,66	2,299	0,192	0,356
29	-2,75	2,396	0,192	0,371
30	-2,85	2,494	0,192	0,385
31	-2,95	2,592	0,192	0,400

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,074	0,003	0,000
3	-0,20	0,149	0,011	0,000
4	-0,29	0,225	0,026	0,002
5	-0,39	0,302	0,046	0,005
6	-0,49	0,379	0,071	0,010
7	-0,59	0,458	0,102	0,018
8	-0,69	0,537	0,139	0,029
9	-0,79	0,617	0,181	0,043
10	-0,88	0,698	0,192	0,061
11	-0,98	0,780	0,192	0,079
12	-1,08	0,862	0,192	0,096
13	-1,18	0,946	0,192	0,114
14	-1,28	1,030	0,192	0,131
15	-1,38	1,115	0,192	0,148
16	-1,48	1,201	0,192	0,165
17	-1,57	1,288	0,192	0,182
18	-1,67	1,376	0,192	0,198
19	-1,77	1,464	0,192	0,215
20	-1,87	1,554	0,192	0,231
21	-1,97	1,644	0,192	0,247
22	-2,07	1,735	0,192	0,263
23	-2,16	1,827	0,192	0,279
24	-2,26	1,920	0,192	0,295
25	-2,36	2,013	0,192	0,310
26	-2,46	2,108	0,192	0,326
27	-2,56	2,203	0,192	0,341
28	-2,66	2,299	0,192	0,356
29	-2,75	2,396	0,192	0,371
30	-2,85	2,494	0,192	0,385
31	-2,95	2,592	0,192	0,400

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
2	-0,10	0,076	0,007	0,000
3	-0,20	0,153	0,020	0,001
4	-0,29	0,231	0,038	0,004
5	-0,39	0,310	0,062	0,008
6	-0,49	0,390	0,092	0,015
7	-0,59	0,470	0,128	0,025
8	-0,69	0,551	0,170	0,039
9	-0,79	0,634	0,217	0,057
10	-0,88	0,717	0,232	0,078
11	-0,98	0,801	0,237	0,100
12	-1,08	0,886	0,242	0,122
13	-1,18	0,971	0,247	0,144
14	-1,28	1,058	0,252	0,167
15	-1,38	1,145	0,258	0,190
16	-1,48	1,234	0,263	0,214
17	-1,57	1,323	0,269	0,237
18	-1,67	1,413	0,274	0,262
19	-1,77	1,504	0,280	0,286
20	-1,87	1,596	0,286	0,312
21	-1,97	1,688	0,292	0,337
22	-2,07	1,782	0,298	0,363
23	-2,16	1,876	0,305	0,390
24	-2,26	1,971	0,311	0,417
25	-2,36	2,068	0,317	0,444
26	-2,46	2,165	0,324	0,472
27	-2,56	2,262	0,331	0,500
28	-2,66	2,361	0,337	0,529
29	-2,75	2,461	0,344	0,558
30	-2,85	2,561	0,351	0,588
31	-2,95	2,663	0,359	0,619

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,072	0,007	0,000
3	-0,20	0,145	0,020	0,001
4	-0,29	0,219	0,038	0,004
5	-0,39	0,294	0,062	0,008
6	-0,49	0,369	0,092	0,015
7	-0,59	0,445	0,128	0,025
8	-0,69	0,522	0,169	0,039
9	-0,79	0,600	0,216	0,057
10	-0,88	0,679	0,231	0,078
11	-0,98	0,759	0,236	0,100
12	-1,08	0,839	0,241	0,122
13	-1,18	0,920	0,245	0,144
14	-1,28	1,002	0,250	0,167
15	-1,38	1,085	0,255	0,190
16	-1,48	1,169	0,261	0,213
17	-1,57	1,253	0,266	0,237
18	-1,67	1,338	0,271	0,261
19	-1,77	1,425	0,277	0,285
20	-1,87	1,512	0,282	0,310
21	-1,97	1,599	0,288	0,336
22	-2,07	1,688	0,293	0,361
23	-2,16	1,777	0,299	0,387
24	-2,26	1,868	0,305	0,414
25	-2,36	1,959	0,311	0,441
26	-2,46	2,050	0,317	0,468
27	-2,56	2,143	0,323	0,496
28	-2,66	2,237	0,329	0,524
29	-2,75	2,331	0,335	0,553
30	-2,85	2,426	0,342	0,582
31	-2,95	2,522	0,348	0,612

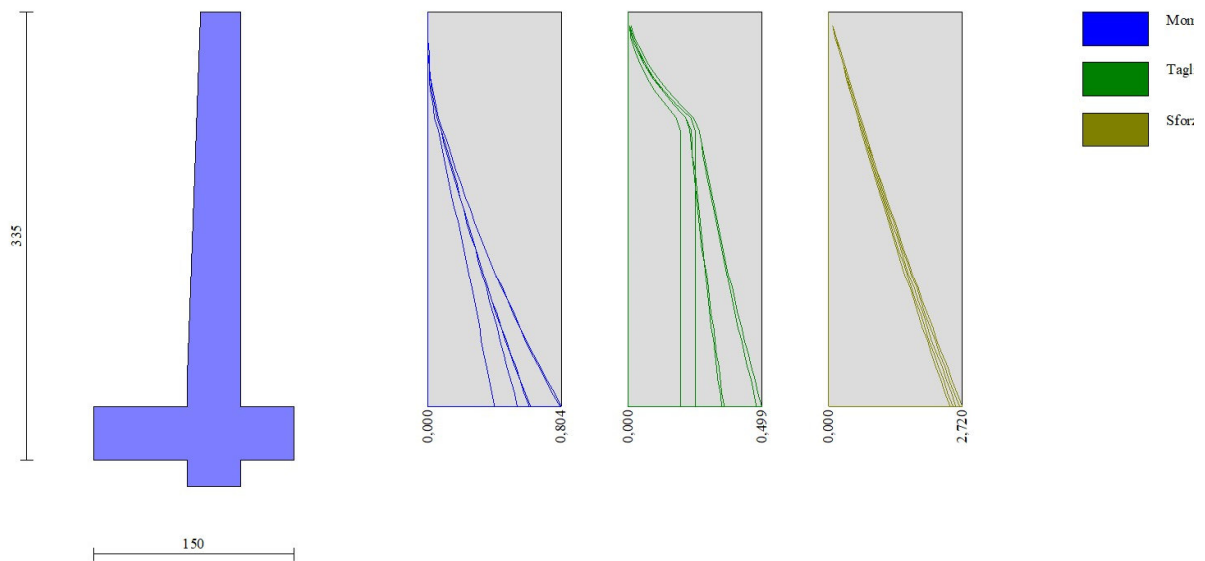


Fig. 9 - Paramento (Involuppo)

### Fondazione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,086	0,004
3	-0,90	0,000	0,208	0,018
4	-0,80	0,000	0,365	0,047
5	-0,70	0,000	0,559	0,093
6	-0,60	0,000	0,787	0,160
7	-0,50	0,000	1,052	0,251
8	-0,40	0,000	1,352	0,371
9	0,00	0,000	-0,706	-0,123
10	0,08	0,000	-0,520	-0,074
11	0,16	0,000	-0,357	-0,039
12	0,24	0,000	-0,216	-0,016
13	0,32	0,000	-0,097	-0,004
14	0,40	0,000	0,000	0,000

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,282	0,014
3	-0,90	0,000	0,574	0,057
4	-0,80	0,000	0,878	0,129
5	-0,70	0,000	1,192	0,233
6	-0,60	0,000	1,517	0,368
7	-0,50	0,000	1,853	0,536
8	-0,40	0,000	2,200	0,739
9	0,00	0,000	-0,515	-0,098
10	0,08	0,000	-0,399	-0,061
11	0,16	0,000	-0,290	-0,034
12	0,24	0,000	-0,187	-0,015
13	0,32	0,000	-0,090	-0,004
14	0,40	0,000	0,000	0,000

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,276	0,014
3	-0,90	0,000	0,557	0,055
4	-0,80	0,000	0,844	0,125
5	-0,70	0,000	1,137	0,224
6	-0,60	0,000	1,435	0,353
7	-0,50	0,000	1,739	0,512
8	-0,40	0,000	2,048	0,701
9	0,00	0,000	-0,803	-0,158

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
10	0,08	0,000	-0,637	-0,101
11	0,16	0,000	-0,473	-0,056
12	0,24	0,000	-0,312	-0,025
13	0,32	0,000	-0,155	-0,006
14	0,40	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,046	0,002
3	-0,90	0,000	0,133	0,011
4	-0,80	0,000	0,262	0,030
5	-0,70	0,000	0,432	0,064
6	-0,60	0,000	0,643	0,118
7	-0,50	0,000	0,895	0,194
8	-0,40	0,000	1,188	0,298
9	0,00	0,000	0,066	0,035
10	0,08	0,000	0,105	0,028
11	0,16	0,000	0,117	0,019
12	0,24	0,000	0,104	0,010
13	0,32	0,000	0,065	0,003
14	0,40	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,046	0,002
3	-0,90	0,000	0,133	0,011
4	-0,80	0,000	0,262	0,030
5	-0,70	0,000	0,432	0,064
6	-0,60	0,000	0,643	0,118
7	-0,50	0,000	0,895	0,194
8	-0,40	0,000	1,188	0,298
9	0,00	0,000	0,066	0,035
10	0,08	0,000	0,105	0,028
11	0,16	0,000	0,117	0,019
12	0,24	0,000	0,104	0,010
13	0,32	0,000	0,065	0,003
14	0,40	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,046	0,002
3	-0,90	0,000	0,133	0,011
4	-0,80	0,000	0,262	0,030
5	-0,70	0,000	0,432	0,064
6	-0,60	0,000	0,643	0,118
7	-0,50	0,000	0,895	0,194
8	-0,40	0,000	1,188	0,298
9	0,00	0,000	0,066	0,035
10	0,08	0,000	0,105	0,028
11	0,16	0,000	0,117	0,019
12	0,24	0,000	0,104	0,010
13	0,32	0,000	0,065	0,003
14	0,40	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,175	0,009
3	-0,90	0,000	0,375	0,036
4	-0,80	0,000	0,599	0,084
5	-0,70	0,000	0,848	0,156
6	-0,60	0,000	1,121	0,255
7	-0,50	0,000	1,419	0,381
8	-0,40	0,000	1,742	0,539
9	0,00	0,000	-0,251	-0,038
10	0,08	0,000	-0,171	-0,021
11	0,16	0,000	-0,105	-0,010
12	0,24	0,000	-0,055	-0,004
13	0,32	0,000	-0,020	-0,001
14	0,40	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,172	0,008

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
3	-0,90	0,000	0,365	0,035
4	-0,80	0,000	0,580	0,082
5	-0,70	0,000	0,817	0,152
6	-0,60	0,000	1,076	0,246
7	-0,50	0,000	1,356	0,368
8	-0,40	0,000	1,658	0,518
9	0,00	0,000	-0,409	-0,071
10	0,08	0,000	-0,301	-0,042
11	0,16	0,000	-0,206	-0,022
12	0,24	0,000	-0,124	-0,009
13	0,32	0,000	-0,055	-0,002
14	0,40	0,000	0,000	0,000

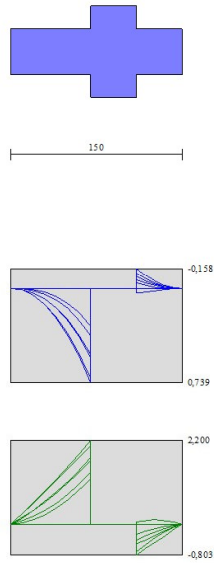


Fig. 10 - Fondazione (Inviluppo)

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [T]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [T]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	0,275	17,36	0,262	0,082	0,40	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	4,295/0,000	-0,24	-2,20
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,185/0,000	0,20	-1,47
	Resistenza passiva terreno antistante			-6,247			
	Resistenza passiva sperone			-2,478			

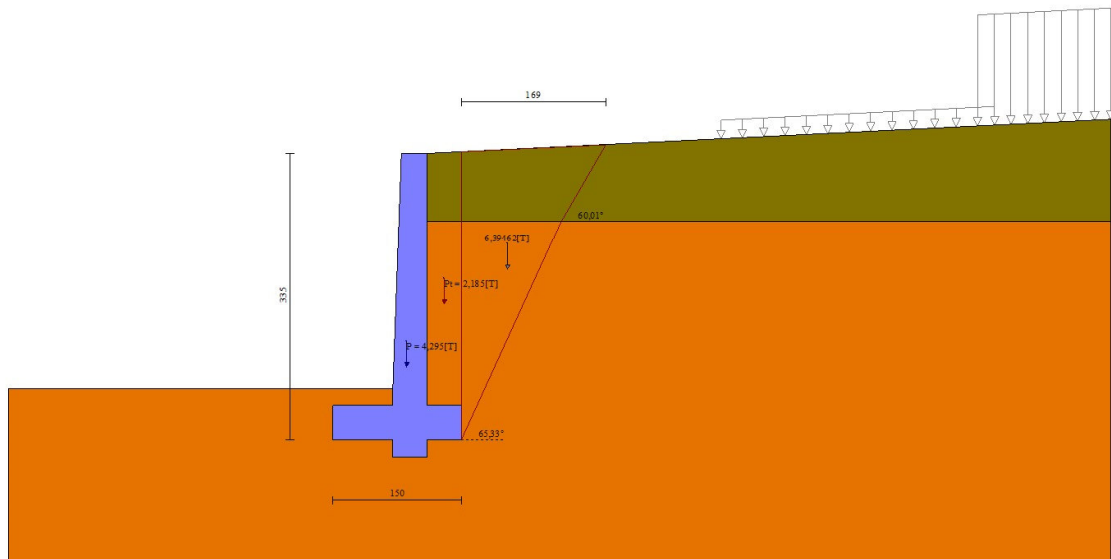


Fig. 11 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

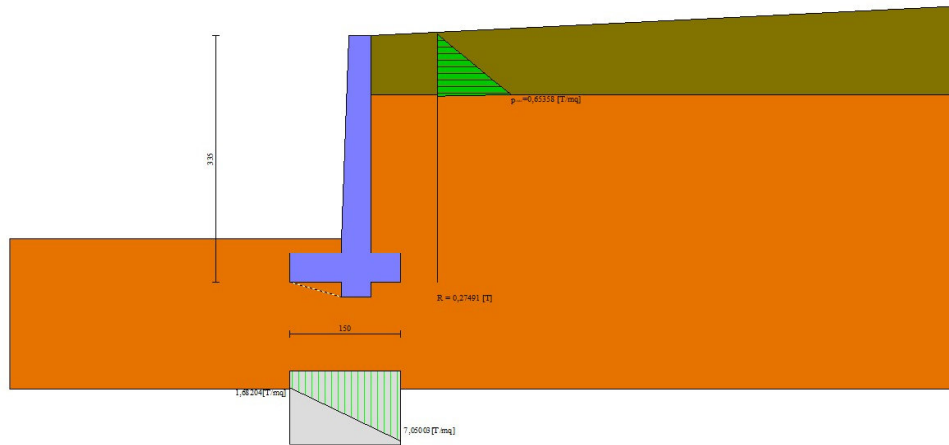


Fig. 12 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		46.685		50.818			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	14.020		52.852			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	14.035		60.842			
4 - GEO (A2-M2-R2)					4.566		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.536		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.742		
7 - EQU (A1-M1-R3)			9.039				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.574				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.711				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [T]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [T]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [T]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [T]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [T]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [T]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	[T] 3,346	[T] 6,247	[T] 2,981	[T] --	[T] --	[T] 12,574	[T] 0,897	14.020

### Dettagli verifica a scorrimento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ncss	Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [T]
φ <sub>Rp</sub>	Angolo di rottura passiva, espresso in [°]

Nrpp Carico residuo sul piano di posa, espresso in [T]  
Lr Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	Ncss [T]	$\phi_{Rp}$	Nrpp [T]	Lr [m]
2	2,908	15.912	3,972	0,80

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [T]  
Qu carico limite del terreno, espresso in [T]  
Qd Portanza di progetto, espresso in [T]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [T]	Qu [T]	Qd [T]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	6,562	333,476	238,197	50.818

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante  
ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico  
dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa  
gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico  
bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa  
sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione  
pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
Ir, Irc Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic  
ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B_yN_y$  viene moltiplicato per questo fattore  
D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [T/mc]  
 $\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
c Coesione del terreno medio, espresso in [T/mq]  
 $\sigma_v$  Pressione terreno valle, espressa in [T/mq]  
 $\sigma_m$  Pressione terreno monte, espressa in [T/mq]  
Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	42.164 29.440 31.146	0.999 0.999 0.997	1.150 1.075 1.075	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.681	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	$\gamma$ [T/mc]	$\phi$ [°]	c [T/mq]
1	0,60	1,50	1,41	1,900	34,00	5,0

n°	$\sigma_v$ [T/mq]	$\sigma_m$ [T/mq]
1	1,7	7,1

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
Ms Momento stabilizzante, espresso in [Tm]  
Mr Momento ribaltante, espresso in [Tm]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [Tm]	Mr [Tm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	6,681	2,464	2.711

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
R Raggio, espresso in [m]  
FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	0,00; 4,50	8,07	4.536

**Dettagli strisce verifiche stabilità**

**Simbologia adottata**

- 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 [T]
- Qy carico sulla striscia espresso in [T]
- Qf carico acqua sulla striscia espresso in [T]
- $\alpha$  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 [T/mq]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [T/mq]
- Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [T/mq]

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,212	2,648	0,000	6,93 - 0,42	55.656	26.000	0,0	0,00	
2	0,604	0,845	0,000	0,42	51.395	26.000	0,0	0,00	
3	0,954	0,420	0,000	0,42	46.827	34.000	5,0	0,00	
4	1,272	0,420	0,000	0,42	42.623	34.000	5,0	0,00	
5	1,545	0,420	0,000	0,42	38.687	34.000	5,0	0,00	
6	1,781	0,420	0,000	0,42	34.959	34.000	5,0	0,00	
7	1,985	0,420	0,000	0,42	31.394	34.000	5,0	0,00	
8	2,162	0,420	0,000	0,42	27.960	34.000	5,0	0,00	
9	2,312	0,132	0,000	0,42	24.633	34.000	5,0	0,00	
10	2,440	0,000	0,000	0,42	21.392	34.000	5,0	0,00	
11	2,545	0,000	0,000	0,42	18.222	34.000	5,0	0,00	
12	2,631	0,000	0,000	0,42	15.109	34.000	5,0	0,00	
13	2,697	0,000	0,000	0,42	12.041	34.000	5,0	0,00	
14	2,744	0,000	0,000	0,42	9.008	34.000	5,0	0,00	
15	2,773	0,000	0,000	0,42	6.000	34.000	5,0	0,00	
16	2,829	0,000	0,000	0,42	3.008	34.000	5,0	0,00	
17	3,304	0,000	0,000	0,42	0.025	34.000	5,0	0,00	
18	1,764	0,000	0,000	0,42	-2.958	34.000	5,0	0,00	
19	0,718	0,000	0,000	0,42	-5.949	34.000	5,0	0,00	
20	0,587	0,000	0,000	0,42	-8.956	34.000	5,0	0,00	
21	0,511	0,000	0,000	0,42	-11.989	34.000	5,0	0,00	
22	0,431	0,000	0,000	0,42	-15.056	34.000	5,0	0,00	
23	0,331	0,000	0,000	0,42	-18.169	34.000	5,0	0,00	
24	0,210	0,000	0,000	0,42	-21.338	34.000	5,0	0,00	
25	0,068	0,000	0,000	-3,56 - 0,42	-23.418	34.000	5,0	0,00	

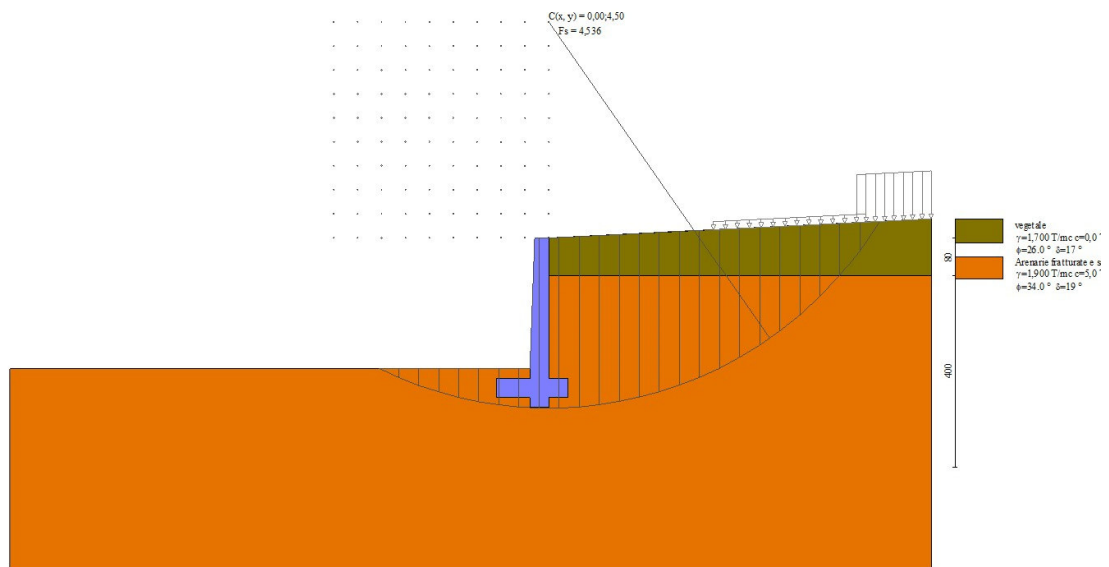


Fig. 13 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5)

**Sollecitazioni**

**Elementi calcolati a trave**

## Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

N Sforzo normale, espresso in [T]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [T]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [Tm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

## Paramento

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,071	0,078	0,003	0,010	0,000	0,000
3	-0,20	0,142	0,157	0,011	0,026	0,000	0,002
4	-0,29	0,214	0,236	0,026	0,048	0,002	0,005
5	-0,39	0,287	0,317	0,046	0,076	0,005	0,011
6	-0,49	0,361	0,398	0,071	0,110	0,010	0,019
7	-0,59	0,435	0,480	0,102	0,149	0,018	0,031
8	-0,69	0,510	0,563	0,139	0,195	0,029	0,047
9	-0,79	0,587	0,647	0,181	0,246	0,043	0,068
10	-0,88	0,663	0,732	0,192	0,266	0,061	0,092
11	-0,98	0,741	0,818	0,192	0,275	0,079	0,117
12	-1,08	0,820	0,905	0,192	0,284	0,096	0,143
13	-1,18	0,899	0,992	0,192	0,293	0,114	0,170
14	-1,28	0,979	1,081	0,192	0,303	0,131	0,197
15	-1,38	1,060	1,170	0,192	0,313	0,148	0,226
16	-1,48	1,142	1,261	0,192	0,323	0,165	0,255
17	-1,57	1,224	1,352	0,192	0,333	0,182	0,285
18	-1,67	1,308	1,444	0,192	0,344	0,198	0,316
19	-1,77	1,392	1,537	0,192	0,354	0,215	0,347
20	-1,87	1,477	1,630	0,192	0,365	0,231	0,380
21	-1,97	1,563	1,725	0,192	0,377	0,247	0,413
22	-2,07	1,649	1,821	0,192	0,388	0,263	0,448
23	-2,16	1,737	1,917	0,192	0,399	0,279	0,483
24	-2,26	1,825	2,014	0,192	0,411	0,295	0,520
25	-2,36	1,914	2,113	0,192	0,423	0,310	0,557
26	-2,46	2,003	2,212	0,192	0,435	0,326	0,596
27	-2,56	2,094	2,312	0,192	0,448	0,341	0,635
28	-2,66	2,185	2,412	0,192	0,460	0,356	0,676
29	-2,75	2,278	2,514	0,192	0,473	0,371	0,717
30	-2,85	2,371	2,617	0,192	0,486	0,385	0,760
31	-2,95	2,464	2,720	0,192	0,499	0,400	0,804

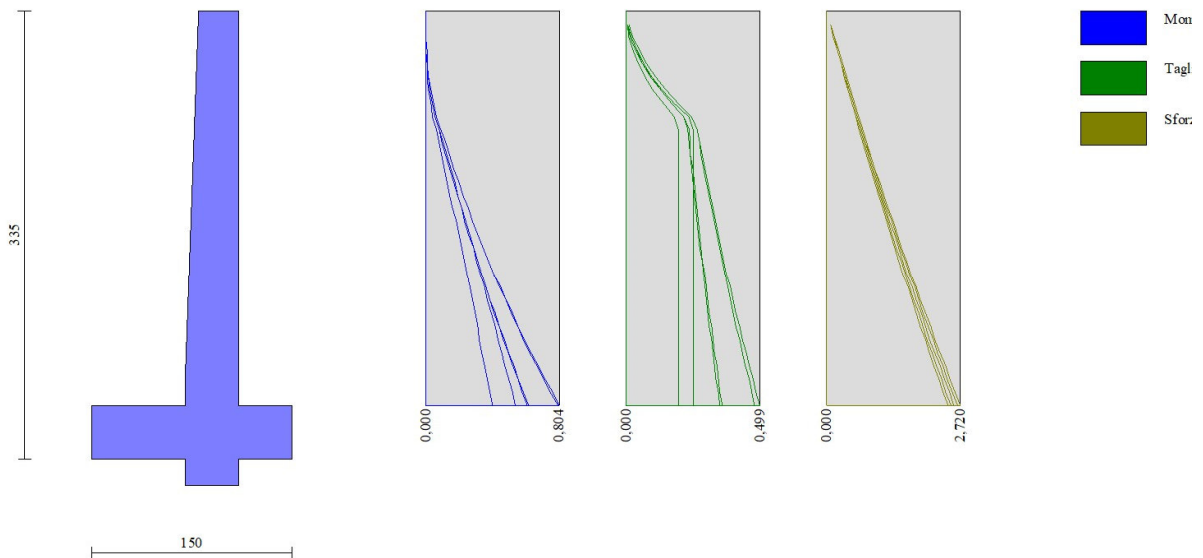


Fig. 14 - Paramento

## Fondazione

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
1	-1,10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-1,00	0,000	0,000	0,046	0,282	0,002	0,014
3	-0,90	0,000	0,000	0,133	0,574	0,011	0,057

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
4	-0,80	0,000	0,000	0,262	0,878	0,030	0,129
5	-0,70	0,000	0,000	0,432	1,192	0,064	0,233
6	-0,60	0,000	0,000	0,643	1,517	0,118	0,368
7	-0,50	0,000	0,000	0,895	1,853	0,194	0,536
8	-0,40	0,000	0,000	1,188	2,200	0,298	0,739
9	0,00	0,000	0,000	-0,803	0,066	-0,158	0,035
10	0,08	0,000	0,000	-0,637	0,105	-0,101	0,028
11	0,16	0,000	0,000	-0,473	0,117	-0,056	0,019
12	0,24	0,000	0,000	-0,312	0,104	-0,025	0,010
13	0,32	0,000	0,000	-0,155	0,065	-0,006	0,003
14	0,40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

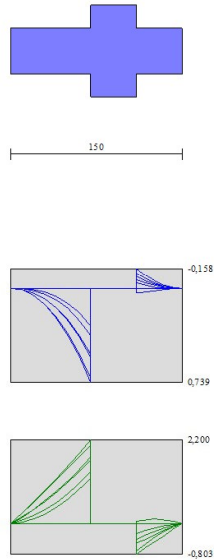


Fig. 15 - Fondazione

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [T]

### Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	1,04	72.30	74.97
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0,68	61.97	42.21
Casseformi	[mq]	5.90	13.94	82.27
Scavo a sezione obbligata	[mc]	0,98	9.30	9.13
<b>Totale muro</b>				<b>208,59</b>
<b>Totale</b>				<b>208,59</b>

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

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

Il sottoscritto Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D., 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 D.M. 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	16.50 G
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Comune di Naso
Licenza	AIU54532G

#### 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  
( Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D. )

---

**Indice**

Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Calcolo della spinta sul muro	3
Valori caratteristici e valori di calcolo	3
Metodo di Culmann	3
Spinta in presenza di falda	3
Spinta in presenza di sisma	3
Verifica a ribaltamento	4
Verifica a scorrimento	4
Verifica al carico limite	5
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Materiali	7
Calcestruzzo armato	7
Acciai	7
Geometria profilo terreno a monte del muro	7
Geometria muro	7
Geometria paramento e fondazione	7
Descrizione terreni	8
Stratigrafia	8
Condizioni di carico	9
Normativa	10
Descrizione combinazioni di carico	10
Dati sismici	12
Opzioni di calcolo	13
Risultati per combinazione	14
Spinta e forze	14
Verifiche geotecniche	16
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	16
Verifica a scorrimento fondazione	17
Dettagli verifica a scorrimento	17
Verifica a carico limite	17
Dettagli calcolo portanza	17
Verifica a ribaltamento	18
Verifica stabilità globale muro + terreno	18
Dettagli strisce verifiche stabilità	18
Sollecitazioni	20
Paramento	20
Fondazione	24
Risultati per inviluppo	27
Spinta e forze	27
Verifiche geotecniche	28
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	28
Verifica a scorrimento fondazione	28
Dettagli verifica a scorrimento	28
Verifica a carico limite	29
Dettagli calcolo portanza	29

---

Verifica a ribaltamento	29
Verifica stabilità globale muro + terreno	29
Dettagli strisce verifiche stabilità	30
Sollecitazioni	30
Paramento	31
Fondazione	31
Elenco ferri	33
Computo metrico	33
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	34

---

Progetto:	Intervento di messa in sicurezza e manutenzione della strada co
Ditta:	Comune di Naso
Comune:	Comune di Naso
Progettista:	Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.
Direttore dei Lavori:	Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D.
Impresa:	Cuticchia Antonino

## 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)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## Richiami teorici

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

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

### Spinta in presenza di falda

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

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

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

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  $\eta_s$

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

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  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppata 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  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

con

$$L_r = B_r - L_c$$

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,  $\delta_r$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_r$  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:

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c + q N_q s_q d_q i_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione:

c	coesione del terreno in fondazione
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione
B	larghezza della fondazione
D	profondità del piano di posa
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa
N	fattori di capacità portante
d	fattori di profondità del piano di posa
i	fattori di inclinazione del carico

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$
Fattori di forma	$\phi = 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\phi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\phi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\phi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\phi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

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

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

#### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

#### Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_\gamma r_\gamma$$

#### Verifica alla stabilità globale

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

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [T/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [T/mq]
f <sub>cm</sub>	Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [T/mq]
E	Modulo elastico, espresso in [T/mq]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	$\gamma$ [T/mc]	R <sub>ck</sub> / f <sub>cm</sub> [T/mq]	E [T/mq]	$\nu$	n	ntc
1	Cls Armato	N E	Rck 250	B450C	2,50000	2500,0 0,0	3066588 0	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [T/mq]	f <sub>uk</sub> [T/mq]	f <sub>ym</sub> [T/mq]
B450C	45886,5	55063,8	45886,5

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

(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 [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	8,00	0,40	2.862

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 1,00 [m]

#### Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	2,50	[m]
Altezza paramento libero	2,40	[m]
Spessore in sommità	0,30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,39	[m]
Inclinazione paramento esterno	2,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

#### Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	0,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,50	[m]
Lunghezza totale	1,39	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

Sperone

Posizione	Centrale	
Distanza dal tacco della fondazione	0,50	[m]
Altezza	0,20	[m]
Spessore	0,40	[m]

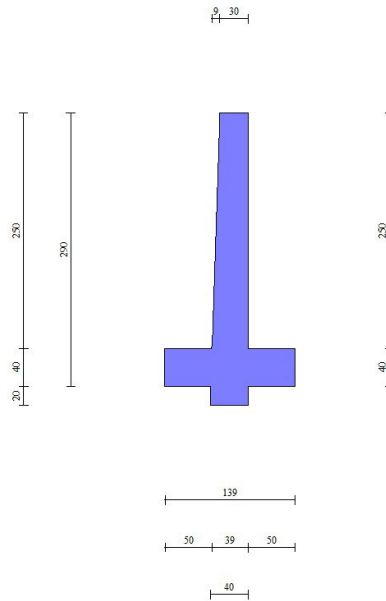


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreniParametri di resistenzaSimbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [T/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [T/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [T/mq]
ca	Adesione terra-muro espressa in [T/mq]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [T/mq]

n°	Descr	$\gamma$ [T/mc]	$\gamma_{sat}$ [T/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [T/mq]	ca [T/mq]	Cesp	$\tau_l$ [T/mq]
1	Arenarie fratturate e sabbie ben addensate	1,90000	2,00000	34.000	18.670	5,0	0,0	---	---
2	vegetale	1,70000	2,00000	26.000	17.330	0,0	0,0	---	---

StratigrafiaSimbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
----	----------	-----------------	---------	-----------------------------	----	------	--------------------	--------------------

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	0,80	0.000	vegetale	---	---	---	---	---
2	4,00	0.000	Arenarie fratturate e sabbie ben addensate	---	---	---	---	---

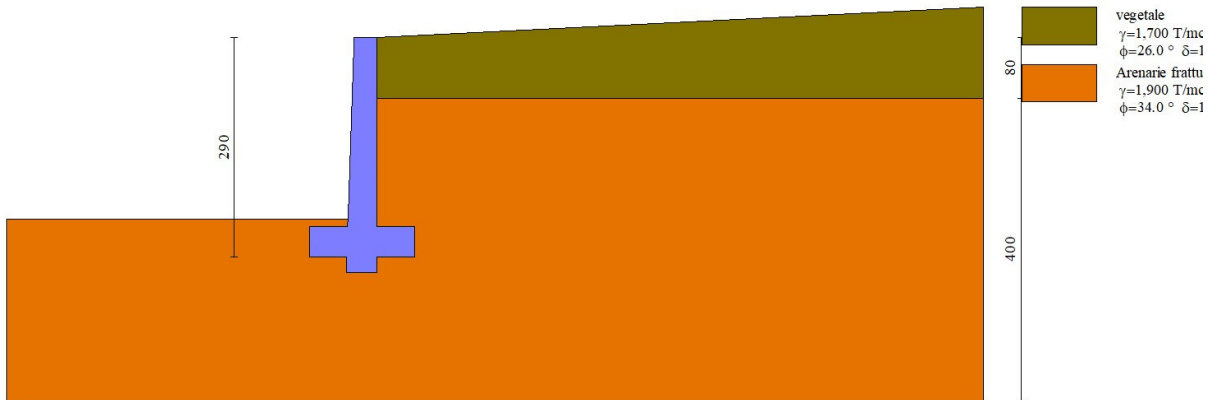


Fig. 2 - Stratigrafia

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche		
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma^{\tan(\varphi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma^c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma^{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

## Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

#### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Naso
Provincia	Messina
Regione	Sicilia
Latitudine	38.142670
Longitudine	14.746290
Indice punti di interpolazione	45197 - 44975 - 44974 - 45196
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.770	0.785
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.180	0.080
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.530	2.407
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.338	0.293
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	9.876	4.938
Ultimo - Ribaltamento	0.570	14.813	7.407
Esercizio	0.470	5.414	2.707

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	SI
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_c$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## Risultati per combinazione

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [T]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [T]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	0,278	17,36	0,266	0,083	0,50	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	3,735/0,000	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,306/0,000	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
	Resistenza passiva sperone			-1,316			
2	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Incremento di spinta sismica			0,058	0,017	0,50	-1,93
	Peso/Inerzia muro			0,369	3,735/0,184	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,228	2,306/0,114	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
Resistenza passiva sperone	-1,837						
3	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Incremento di spinta sismica			0,038	0,011	0,50	-1,93
	Peso/Inerzia muro			0,369	3,735/-0,184	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,228	2,306/-0,114	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
Resistenza passiva sperone	-1,745						
4	Spinta statica	0,258	14,04	0,250	0,063	0,50	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	3,735/0,000	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,306/0,000	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-3,685			
	Resistenza passiva sperone			-1,053			
5	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Incremento di spinta sismica			0,058	0,017	0,50	-1,93
	Peso/Inerzia muro			0,369	3,735/0,184	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,228	2,306/0,114	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
Resistenza passiva sperone	-1,837						
6	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Incremento di spinta sismica			0,038	0,011	0,50	-1,93
	Peso/Inerzia muro			0,369	3,735/-0,184	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,228	2,306/-0,114	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
Resistenza passiva sperone	-1,745						
7	Spinta statica	0,278	17,36	0,266	0,083	0,50	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	3,735/0,000	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,306/0,000	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
	Resistenza passiva sperone			-1,316			
8	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Incremento di spinta sismica			0,092	0,028	0,50	-1,93
	Peso/Inerzia muro			0,553	3,735/0,277	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,342	2,306/0,171	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
Resistenza passiva sperone	-2,151						
9	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Incremento di spinta sismica			0,064	0,019	0,50	-1,93
	Peso/Inerzia muro			0,553	3,735/-0,277	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,342	2,306/-0,171	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
Resistenza passiva sperone	-2,015						
10	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	3,735/0,000	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,306/0,000	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
	Resistenza passiva sperone			-1,214			
11	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	3,735/0,000	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,306/0,000	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
	Resistenza passiva sperone			-1,214			
12	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	3,735/0,000	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,306/0,000	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
	Resistenza passiva sperone			-1,214			

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
13	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,031		0,029	0,009	0,50	-1,93
	Peso/Inerzia muro			0,202	3,735/0,101	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,125	2,306/0,062	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
	Resistenza passiva sperone			-1,554			
14	Spinta statica	0,214	17,36	0,204	0,064	0,50	-0,53
	Incremento di spinta sismica	0,019		0,018	0,006	0,50	-1,93
	Peso/Inerzia muro			0,202	3,735/-0,101	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,125	2,306/-0,062	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
	Resistenza passiva sperone			-1,504			

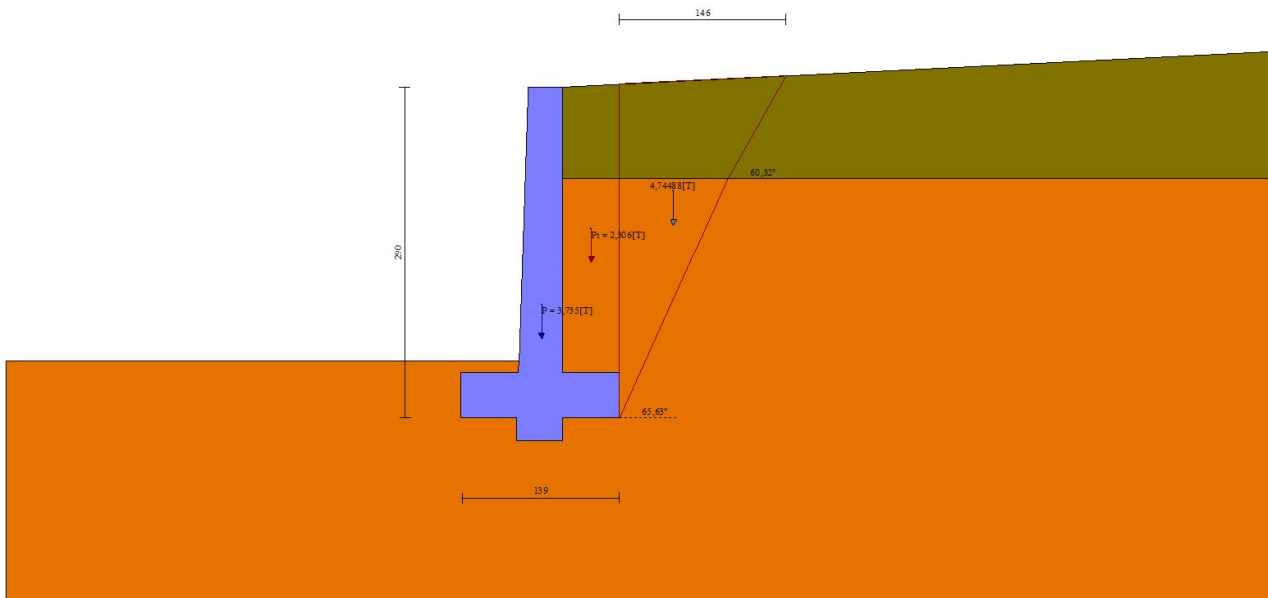


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

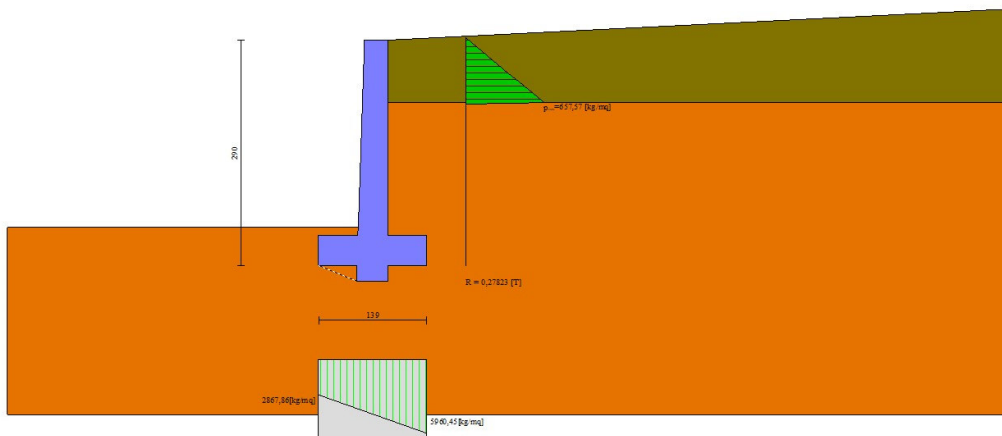


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

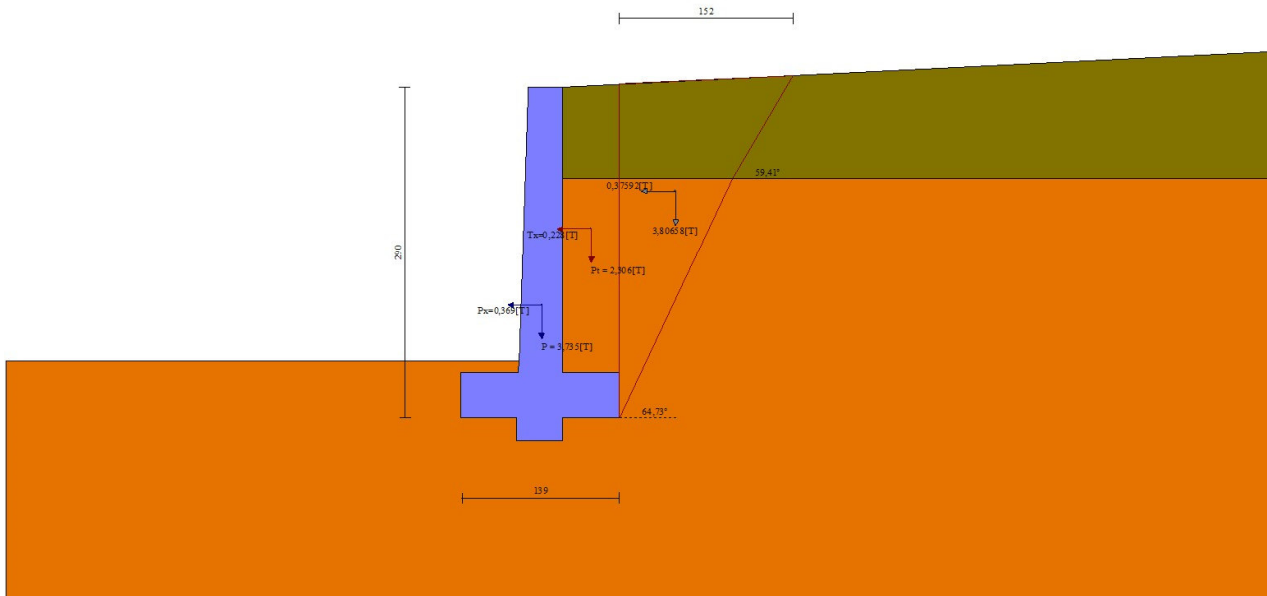


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

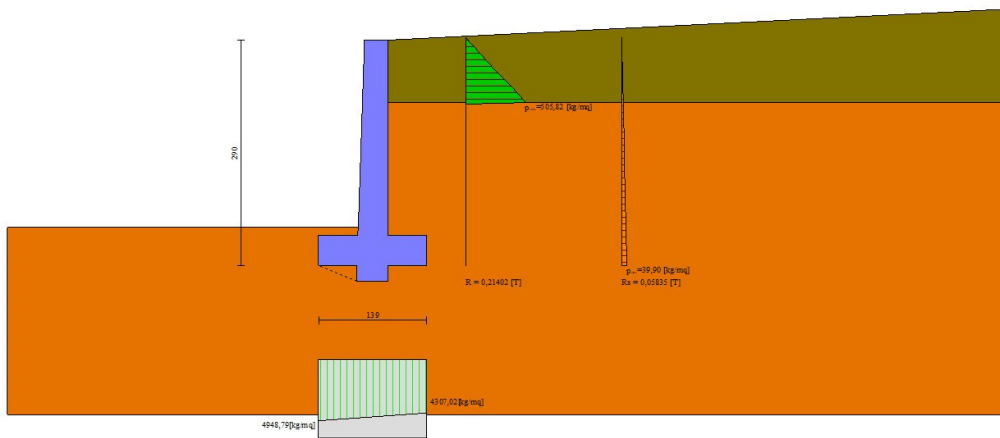


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FSsco	FSRIB	FSQLIM	FSSTAB	FSHYD	FSUPL
1 - STR (A1-M1-R3)		29.923		53.341			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	9.728		52.194			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	9.652		53.954			
4 - GEO (A2-M2-R2)					5.849		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				6.056		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				6.389		
7 - EQU (A1-M1-R3)			8.541				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.433				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.628				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [T]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [T]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [T]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [T]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [T]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [T]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	
1 - STR (A1-M1-R3)	1,508	5,122	1,316	--	--	7,946	0,266	29,923
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	1,374	5,122	1,837	--	--	8,333	0,857	9,728
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	1,212	5,122	1,745	--	--	8,078	0,837	9,652

### Dettagli verifica a scorrimento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ncss	Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [T]
$\phi_{Rp}$	Angolo di rottura passiva, espresso in [°]
Nrpp	Carico residuo sul piano di posa, espresso in [T]
Lr	Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	Ncss	$\phi_{Rp}$	Nrpp	Lr
	[T]		[T]	[m]
1	1,661	22,338	4,463	0,90
2	2,354	22,338	4,066	0,90
3	2,232	22,338	3,586	0,90

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [T]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [T]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[T]	[T]	[T]	
1 - STR (A1-M1-R3)	6,124	326,646	233,318	53,341
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	6,420	335,104	279,254	52,194
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	5,818	313,883	261,569	53,954

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
$r_{\gamma}$	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_{\gamma}N_{\gamma}$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
$\gamma$	Peso di volume del terreno medio, espresso in [T/mc]
$\phi$	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [T/mq]
$\sigma_v$	Pressione terreno valle, espressa in [T/mq]
$\sigma_m$	Pressione terreno monte, espressa in [T/mq]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	42.164	0.992	1.136	--	--	--	--	--	--	0.759	1.000
	29.440	0.992	1.068	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.979	1.068	--	--	--	--	--	--		
2	42.164	0.898	1.136	--	--	--	--	--	--	0.881	1.000
	29.440	0.898	1.068	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.741	1.068	--	--	--	--	--	--		
3	42.164	0.888	1.136	--	--	--	--	--	--	0.836	1.000
	29.440	0.888	1.068	--	--	--	--	--	--		
	31.146	0.718	1.068	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [T/mc]	φ [°]	c [T/mq]
1	0,50	1,39	1,30	1,900	34,00	5,0
2	0,50	1,39	1,30	1,900	34,00	5,0
3	0,50	1,39	1,30	1,900	34,00	5,0

n°	σv [T/mq]	σm [T/mq]
1	2,9	6,0
2	4,9	4,3
3	4,8	3,6

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [Tm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [Tm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [Tm]	Mr [Tm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	5,373	0,629	8.541
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	5,774	1,682	3.433
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	5,373	2,044	2.628

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 R Raggio, espresso in [m]  
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 0,00	3,15	5.849
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-0,50; 1,50	4,64	6.056
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-0,50; 1,50	4,64	6.389

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

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 [T]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [T]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [T]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [T/mq]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [T/mq]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [T/mq]

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,280	0,000	0,000	2,65 - 0,21	77.790	21.315	0,0	0,00	
2	0,544	0,000	0,000	0,21	64.421	28.352	4,0	0,00	
3	0,689	0,000	0,000	0,21	56.597	28.352	4,0	0,00	
4	0,797	0,000	0,000	0,21	50.201	28.352	4,0	0,00	
5	0,883	0,000	0,000	0,21	44.587	28.352	4,0	0,00	
6	0,953	0,000	0,000	0,21	39.477	28.352	4,0	0,00	
7	1,012	0,000	0,000	0,21	34.723	28.352	4,0	0,00	
8	1,061	0,000	0,000	0,21	30.230	28.352	4,0	0,00	
9	1,101	0,000	0,000	0,21	25.936	28.352	4,0	0,00	

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
10	1,134	0,000	0,000	0,21	21.794	28.352	4,0	0,00	
11	1,194	0,000	0,000	0,21	17.769	28.352	4,0	0,00	
12	1,229	0,000	0,000	0,21	13.833	28.352	4,0	0,00	
13	1,349	0,000	0,000	0,21	9.963	28.352	4,0	0,00	
14	1,624	0,000	0,000	0,21	6.138	28.352	4,0	0,00	
15	0,815	0,000	0,000	0,21	2.341	28.352	4,0	0,00	
16	0,345	0,000	0,000	0,21	-1.446	28.352	4,0	0,00	
17	0,382	0,000	0,000	0,21	-5.239	28.352	4,0	0,00	
18	0,280	0,000	0,000	0,21	-9.055	28.352	4,0	0,00	
19	0,264	0,000	0,000	0,21	-12.913	28.352	4,0	0,00	
20	0,242	0,000	0,000	0,21	-16.831	28.352	4,0	0,00	
21	0,214	0,000	0,000	0,21	-20.833	28.352	4,0	0,00	
22	0,180	0,000	0,000	0,21	-24.944	28.352	4,0	0,00	
23	0,137	0,000	0,000	0,21	-29.199	28.352	4,0	0,00	
24	0,087	0,000	0,000	0,21	-33.640	28.352	4,0	0,00	
25	0,027	0,000	0,000	-2,56 - 0,21	-36.021	28.352	4,0	0,00	

## Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,163	0,000	0,000	3,96 - 0,28	68.306	26.000	0,0	0,00	
2	0,445	0,000	0,000	0,28	60.849	26.000	0,0	0,00	
3	0,669	0,000	0,000	0,28	54.342	34.000	5,0	0,00	
4	0,851	0,000	0,000	0,28	48.762	34.000	5,0	0,00	
5	1,000	0,000	0,000	0,28	43.754	34.000	5,0	0,00	
6	1,124	0,000	0,000	0,28	39.138	34.000	5,0	0,00	
7	1,229	0,000	0,000	0,28	34.811	34.000	5,0	0,00	
8	1,318	0,000	0,000	0,28	30.701	34.000	5,0	0,00	
9	1,393	0,000	0,000	0,28	26.761	34.000	5,0	0,00	
10	1,455	0,000	0,000	0,28	22.953	34.000	5,0	0,00	
11	1,506	0,000	0,000	0,28	19.251	34.000	5,0	0,00	
12	1,546	0,000	0,000	0,28	15.630	34.000	5,0	0,00	
13	1,617	0,000	0,000	0,28	12.073	34.000	5,0	0,00	
14	1,663	0,000	0,000	0,28	8.563	34.000	5,0	0,00	
15	2,093	0,000	0,000	0,28	5.085	34.000	5,0	0,00	
16	1,164	0,000	0,000	0,28	1.625	34.000	5,0	0,00	
17	0,456	0,000	0,000	0,28	-1.828	34.000	5,0	0,00	
18	0,404	0,000	0,000	0,28	-5.288	34.000	5,0	0,00	
19	0,361	0,000	0,000	0,28	-8.768	34.000	5,0	0,00	
20	0,334	0,000	0,000	0,28	-12.280	34.000	5,0	0,00	
21	0,297	0,000	0,000	0,28	-15.841	34.000	5,0	0,00	
22	0,249	0,000	0,000	0,28	-19.465	34.000	5,0	0,00	
23	0,191	0,000	0,000	0,28	-23.173	34.000	5,0	0,00	
24	0,122	0,000	0,000	0,28	-26.988	34.000	5,0	0,00	
25	0,040	0,000	0,000	-3,02 - 0,28	-29.595	34.000	5,0	0,00	

## Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [T]	Qy [T]	Qf [T]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [T/mq]	u [T/mq]	Tx; Ty [T]
1	0,163	0,000	0,000	3,96 - 0,28	68.306	26.000	0,0	0,00	
2	0,445	0,000	0,000	0,28	60.849	26.000	0,0	0,00	
3	0,669	0,000	0,000	0,28	54.342	34.000	5,0	0,00	
4	0,851	0,000	0,000	0,28	48.762	34.000	5,0	0,00	
5	1,000	0,000	0,000	0,28	43.754	34.000	5,0	0,00	
6	1,124	0,000	0,000	0,28	39.138	34.000	5,0	0,00	
7	1,229	0,000	0,000	0,28	34.811	34.000	5,0	0,00	
8	1,318	0,000	0,000	0,28	30.701	34.000	5,0	0,00	
9	1,393	0,000	0,000	0,28	26.761	34.000	5,0	0,00	
10	1,455	0,000	0,000	0,28	22.953	34.000	5,0	0,00	
11	1,506	0,000	0,000	0,28	19.251	34.000	5,0	0,00	
12	1,546	0,000	0,000	0,28	15.630	34.000	5,0	0,00	
13	1,617	0,000	0,000	0,28	12.073	34.000	5,0	0,00	
14	1,663	0,000	0,000	0,28	8.563	34.000	5,0	0,00	
15	2,093	0,000	0,000	0,28	5.085	34.000	5,0	0,00	
16	1,164	0,000	0,000	0,28	1.625	34.000	5,0	0,00	
17	0,456	0,000	0,000	0,28	-1.828	34.000	5,0	0,00	
18	0,404	0,000	0,000	0,28	-5.288	34.000	5,0	0,00	
19	0,361	0,000	0,000	0,28	-8.768	34.000	5,0	0,00	
20	0,334	0,000	0,000	0,28	-12.280	34.000	5,0	0,00	
21	0,297	0,000	0,000	0,28	-15.841	34.000	5,0	0,00	
22	0,249	0,000	0,000	0,28	-19.465	34.000	5,0	0,00	
23	0,191	0,000	0,000	0,28	-23.173	34.000	5,0	0,00	
24	0,122	0,000	0,000	0,28	-26.988	34.000	5,0	0,00	
25	0,040	0,000	0,000	-3,02 - 0,28	-29.595	34.000	5,0	0,00	

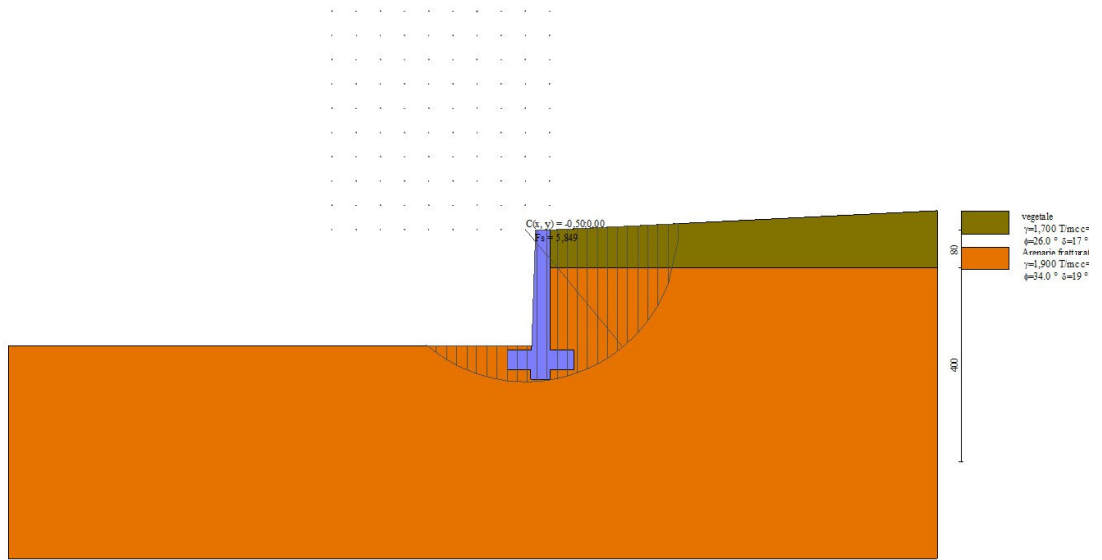


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

**Sollecitazioni**

**Elementi calcolati a trave**

**Simbologia adottata**

- n° Indice della sezione
- X Posizione della sezione, espresso in [m]
- N Sforzo normale, espresso in [T]. Positivo se di compressione.
- T Taglio, espresso in [T]. Positivo se diretto da monte verso valle
- M Momento, espresso in [Tm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

**Paramento**

**Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)**

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,075	0,004	0,000
3	-0,20	0,152	0,015	0,001
4	-0,30	0,229	0,035	0,003
5	-0,40	0,307	0,061	0,007
6	-0,50	0,386	0,095	0,014
7	-0,60	0,466	0,137	0,025
8	-0,70	0,546	0,187	0,040
9	-0,80	0,628	0,244	0,061
10	-0,90	0,710	0,250	0,085
11	-1,00	0,794	0,250	0,108
12	-1,10	0,878	0,250	0,132
13	-1,20	0,963	0,250	0,155
14	-1,30	1,049	0,250	0,178
15	-1,40	1,136	0,250	0,202
16	-1,50	1,223	0,250	0,224
17	-1,60	1,312	0,250	0,247
18	-1,70	1,401	0,250	0,270
19	-1,80	1,491	0,250	0,292
20	-1,90	1,583	0,250	0,315
21	-2,00	1,675	0,250	0,337
22	-2,10	1,768	0,250	0,359
23	-2,20	1,861	0,250	0,381
24	-2,30	1,956	0,250	0,402
25	-2,40	2,051	0,250	0,424
26	-2,50	2,148	0,250	0,445

**Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V**

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,079	0,010	0,000
3	-0,20	0,159	0,027	0,002

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
4	-0,30	0,240	0,050	0,005
5	-0,40	0,322	0,079	0,011
6	-0,50	0,405	0,114	0,020
7	-0,60	0,489	0,155	0,033
8	-0,70	0,573	0,202	0,050
9	-0,80	0,659	0,255	0,071
10	-0,90	0,745	0,269	0,097
11	-1,00	0,833	0,279	0,122
12	-1,10	0,921	0,288	0,149
13	-1,20	1,010	0,299	0,177
14	-1,30	1,101	0,309	0,205
15	-1,40	1,192	0,320	0,235
16	-1,50	1,284	0,331	0,265
17	-1,60	1,377	0,342	0,296
18	-1,70	1,470	0,354	0,328
19	-1,80	1,565	0,365	0,362
20	-1,90	1,661	0,377	0,396
21	-2,00	1,757	0,390	0,431
22	-2,10	1,855	0,402	0,468
23	-2,20	1,953	0,415	0,505
24	-2,30	2,052	0,428	0,544
25	-2,40	2,153	0,442	0,584
26	-2,50	2,254	0,455	0,625

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,072	0,010	0,000
3	-0,20	0,144	0,027	0,002
4	-0,30	0,218	0,050	0,006
5	-0,40	0,292	0,078	0,011
6	-0,50	0,367	0,113	0,020
7	-0,60	0,443	0,154	0,033
8	-0,70	0,519	0,200	0,050
9	-0,80	0,597	0,253	0,071
10	-0,90	0,675	0,267	0,096
11	-1,00	0,754	0,276	0,122
12	-1,10	0,834	0,285	0,149
13	-1,20	0,915	0,294	0,176
14	-1,30	0,997	0,304	0,204
15	-1,40	1,079	0,314	0,233
16	-1,50	1,163	0,324	0,263
17	-1,60	1,247	0,335	0,294
18	-1,70	1,332	0,345	0,326
19	-1,80	1,418	0,356	0,358
20	-1,90	1,504	0,367	0,392
21	-2,00	1,592	0,378	0,426
22	-2,10	1,680	0,389	0,462
23	-2,20	1,769	0,401	0,498
24	-2,30	1,859	0,413	0,536
25	-2,40	1,950	0,425	0,574
26	-2,50	2,042	0,437	0,614

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,075	0,003	0,000
3	-0,20	0,152	0,012	0,001
4	-0,30	0,229	0,027	0,002
5	-0,40	0,307	0,047	0,005
6	-0,50	0,386	0,073	0,011
7	-0,60	0,466	0,106	0,019
8	-0,70	0,546	0,144	0,030
9	-0,80	0,628	0,188	0,046
10	-0,90	0,710	0,192	0,064
11	-1,00	0,794	0,192	0,082
12	-1,10	0,878	0,192	0,100
13	-1,20	0,963	0,192	0,117
14	-1,30	1,049	0,192	0,135
15	-1,40	1,136	0,192	0,152
16	-1,50	1,223	0,192	0,169
17	-1,60	1,312	0,192	0,186
18	-1,70	1,401	0,192	0,203
19	-1,80	1,491	0,192	0,220
20	-1,90	1,583	0,192	0,236
21	-2,00	1,675	0,192	0,253
22	-2,10	1,768	0,192	0,269
23	-2,20	1,861	0,192	0,285
24	-2,30	1,956	0,192	0,301
25	-2,40	2,051	0,192	0,316
26	-2,50	2,148	0,192	0,332

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
----	----------	----------	----------	-----------

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,075	0,003	0,000
3	-0,20	0,152	0,012	0,001
4	-0,30	0,229	0,027	0,002
5	-0,40	0,307	0,047	0,005
6	-0,50	0,386	0,073	0,011
7	-0,60	0,466	0,106	0,019
8	-0,70	0,546	0,144	0,030
9	-0,80	0,628	0,188	0,046
10	-0,90	0,710	0,192	0,064
11	-1,00	0,794	0,192	0,082
12	-1,10	0,878	0,192	0,100
13	-1,20	0,963	0,192	0,117
14	-1,30	1,049	0,192	0,135
15	-1,40	1,136	0,192	0,152
16	-1,50	1,223	0,192	0,169
17	-1,60	1,312	0,192	0,186
18	-1,70	1,401	0,192	0,203
19	-1,80	1,491	0,192	0,220
20	-1,90	1,583	0,192	0,236
21	-2,00	1,675	0,192	0,253
22	-2,10	1,768	0,192	0,269
23	-2,20	1,861	0,192	0,285
24	-2,30	1,956	0,192	0,301
25	-2,40	2,051	0,192	0,316
26	-2,50	2,148	0,192	0,332

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,075	0,003	0,000
3	-0,20	0,152	0,012	0,001
4	-0,30	0,229	0,027	0,002
5	-0,40	0,307	0,047	0,005
6	-0,50	0,386	0,073	0,011
7	-0,60	0,466	0,106	0,019
8	-0,70	0,546	0,144	0,030
9	-0,80	0,628	0,188	0,046
10	-0,90	0,710	0,192	0,064
11	-1,00	0,794	0,192	0,082
12	-1,10	0,878	0,192	0,100
13	-1,20	0,963	0,192	0,117
14	-1,30	1,049	0,192	0,135
15	-1,40	1,136	0,192	0,152
16	-1,50	1,223	0,192	0,169
17	-1,60	1,312	0,192	0,186
18	-1,70	1,401	0,192	0,203
19	-1,80	1,491	0,192	0,220
20	-1,90	1,583	0,192	0,236
21	-2,00	1,675	0,192	0,253
22	-2,10	1,768	0,192	0,269
23	-2,20	1,861	0,192	0,285
24	-2,30	1,956	0,192	0,301
25	-2,40	2,051	0,192	0,316
26	-2,50	2,148	0,192	0,332

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,077	0,007	0,000
3	-0,20	0,156	0,020	0,001
4	-0,30	0,235	0,039	0,004
5	-0,40	0,315	0,064	0,009
6	-0,50	0,396	0,095	0,016
7	-0,60	0,478	0,132	0,027
8	-0,70	0,561	0,175	0,041
9	-0,80	0,645	0,224	0,060
10	-0,90	0,730	0,234	0,082
11	-1,00	0,815	0,239	0,104
12	-1,10	0,902	0,244	0,126
13	-1,20	0,989	0,250	0,149
14	-1,30	1,077	0,256	0,173
15	-1,40	1,166	0,261	0,197
16	-1,50	1,256	0,267	0,221
17	-1,60	1,347	0,273	0,246
18	-1,70	1,439	0,280	0,271
19	-1,80	1,532	0,286	0,296
20	-1,90	1,625	0,293	0,323
21	-2,00	1,720	0,299	0,349
22	-2,10	1,815	0,306	0,376
23	-2,20	1,912	0,313	0,404
24	-2,30	2,009	0,320	0,432
25	-2,40	2,107	0,327	0,461
26	-2,50	2,206	0,334	0,490

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,073	0,007	0,000
3	-0,20	0,148	0,020	0,001
4	-0,30	0,223	0,039	0,004
5	-0,40	0,299	0,064	0,009
6	-0,50	0,375	0,095	0,016
7	-0,60	0,453	0,132	0,027
8	-0,70	0,532	0,175	0,041
9	-0,80	0,611	0,223	0,060
10	-0,90	0,691	0,233	0,082
11	-1,00	0,772	0,237	0,104
12	-1,10	0,854	0,242	0,126
13	-1,20	0,937	0,248	0,149
14	-1,30	1,020	0,253	0,172
15	-1,40	1,105	0,258	0,196
16	-1,50	1,190	0,264	0,220
17	-1,60	1,276	0,269	0,244
18	-1,70	1,363	0,275	0,269
19	-1,80	1,451	0,281	0,294
20	-1,90	1,540	0,287	0,320
21	-2,00	1,629	0,293	0,346
22	-2,10	1,720	0,299	0,373
23	-2,20	1,811	0,305	0,400
24	-2,30	1,903	0,311	0,428
25	-2,40	1,996	0,318	0,456
26	-2,50	2,090	0,324	0,484

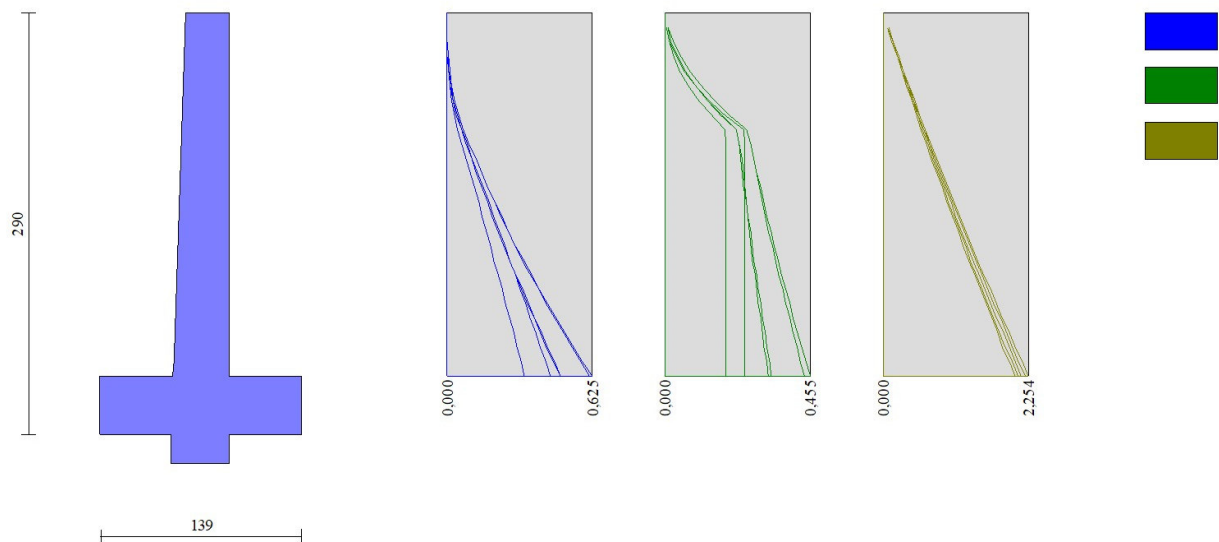


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

### Fondazione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,198	0,010
3	-0,69	0,000	0,418	0,040
4	-0,59	0,000	0,661	0,094
5	-0,49	0,000	0,925	0,173
6	-0,39	0,000	1,206	0,280
7	0,00	0,000	-0,796	-0,177
8	0,10	0,000	-0,594	-0,108
9	0,20	0,000	-0,414	-0,057
10	0,30	0,000	-0,255	-0,024
11	0,40	0,000	-0,117	-0,006
12	0,50	0,000	0,000	0,000

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

n°	X	N	T	M
----	---	---	---	---

	[m]	[T]	[T]	[Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,393	0,020
3	-0,69	0,000	0,781	0,078
4	-0,59	0,000	1,164	0,176
5	-0,49	0,000	1,543	0,311
6	-0,39	0,000	1,910	0,484
7	0,00	0,000	-0,594	-0,154
8	0,10	0,000	-0,486	-0,100
9	0,20	0,000	-0,373	-0,057
10	0,30	0,000	-0,254	-0,026
11	0,40	0,000	-0,130	-0,007
12	0,50	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,375	0,019
3	-0,69	0,000	0,742	0,075
4	-0,59	0,000	1,100	0,167
5	-0,49	0,000	1,449	0,294
6	-0,39	0,000	1,783	0,456
7	0,00	0,000	-0,902	-0,235
8	0,10	0,000	-0,741	-0,153
9	0,20	0,000	-0,570	-0,088
10	0,30	0,000	-0,389	-0,040
11	0,40	0,000	-0,199	-0,010
12	0,50	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,158	0,008
3	-0,69	0,000	0,345	0,033
4	-0,59	0,000	0,560	0,078
5	-0,49	0,000	0,803	0,146
6	-0,39	0,000	1,068	0,239
7	0,00	0,000	0,021	0,034
8	0,10	0,000	0,071	0,029
9	0,20	0,000	0,094	0,020
10	0,30	0,000	0,090	0,011
11	0,40	0,000	0,059	0,003
12	0,50	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,158	0,008
3	-0,69	0,000	0,345	0,033
4	-0,59	0,000	0,560	0,078
5	-0,49	0,000	0,803	0,146
6	-0,39	0,000	1,068	0,239
7	0,00	0,000	0,021	0,034
8	0,10	0,000	0,071	0,029
9	0,20	0,000	0,094	0,020
10	0,30	0,000	0,090	0,011
11	0,40	0,000	0,059	0,003
12	0,50	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,158	0,008
3	-0,69	0,000	0,345	0,033
4	-0,59	0,000	0,560	0,078
5	-0,49	0,000	0,803	0,146
6	-0,39	0,000	1,068	0,239
7	0,00	0,000	0,021	0,034
8	0,10	0,000	0,071	0,029
9	0,20	0,000	0,094	0,020
10	0,30	0,000	0,090	0,011
11	0,40	0,000	0,059	0,003
12	0,50	0,000	0,000	0,000

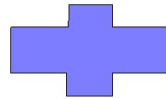
Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,286	0,014
3	-0,69	0,000	0,583	0,058
4	-0,59	0,000	0,890	0,131

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
5	-0,49	0,000	1,207	0,236
6	-0,39	0,000	1,528	0,373
7	0,00	0,000	-0,316	-0,069
8	0,10	0,000	-0,234	-0,042
9	0,20	0,000	-0,161	-0,022
10	0,30	0,000	-0,098	-0,009
11	0,40	0,000	-0,044	-0,002
12	0,50	0,000	0,000	0,000

Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

n°	X [m]	N [T]	T [T]	M [Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,277	0,014
3	-0,69	0,000	0,562	0,056
4	-0,59	0,000	0,855	0,126
5	-0,49	0,000	1,156	0,227
6	-0,39	0,000	1,459	0,358
7	0,00	0,000	-0,484	-0,114
8	0,10	0,000	-0,373	-0,071
9	0,20	0,000	-0,269	-0,039
10	0,30	0,000	-0,172	-0,017
11	0,40	0,000	-0,082	-0,004
12	0,50	0,000	0,000	0,000



13,9

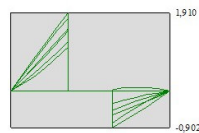
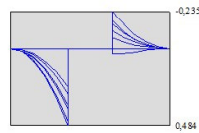


Fig. 9 - Fondazione (Involuppo)

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [T]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [T]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [T]	I [°]	Cx [T]	Cy [T]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	0,278	17,36	0,266	0,083	0,50	-0,53
	Peso/Inerzia muro			0,000	3,735/0,000	-0,18	-1,91
	Peso/Inerzia terrapieno			0,000	2,306/0,000	0,25	-1,24
	Resistenza passiva terreno antistante			-5,122			
	Resistenza passiva sperone			-1,316			

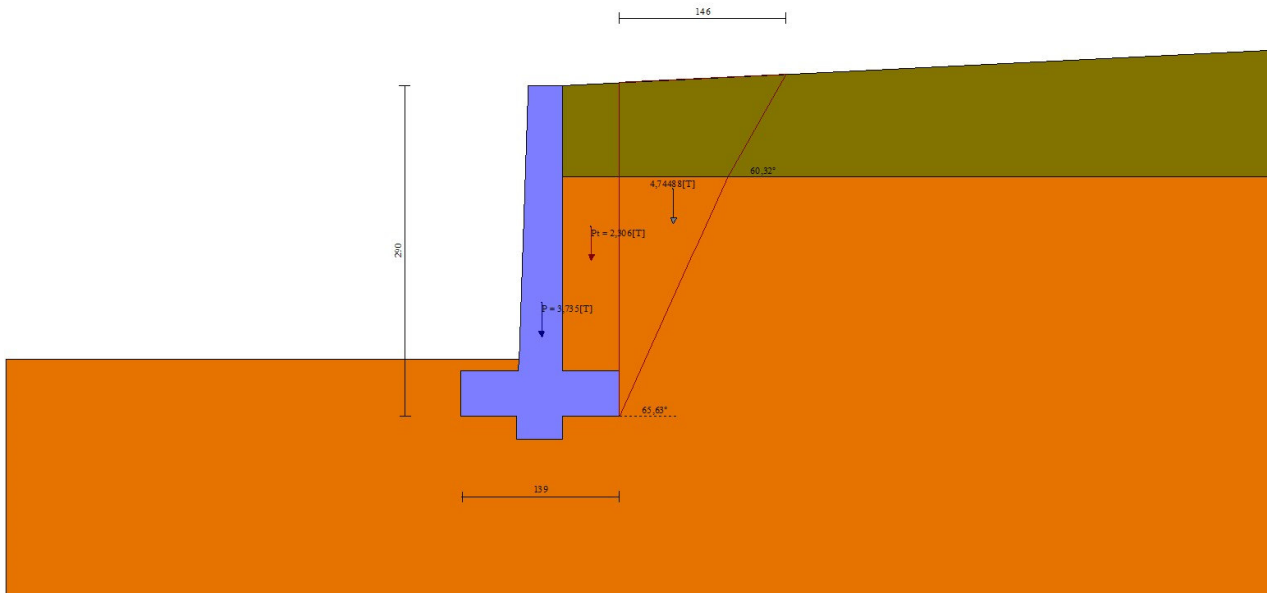


Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

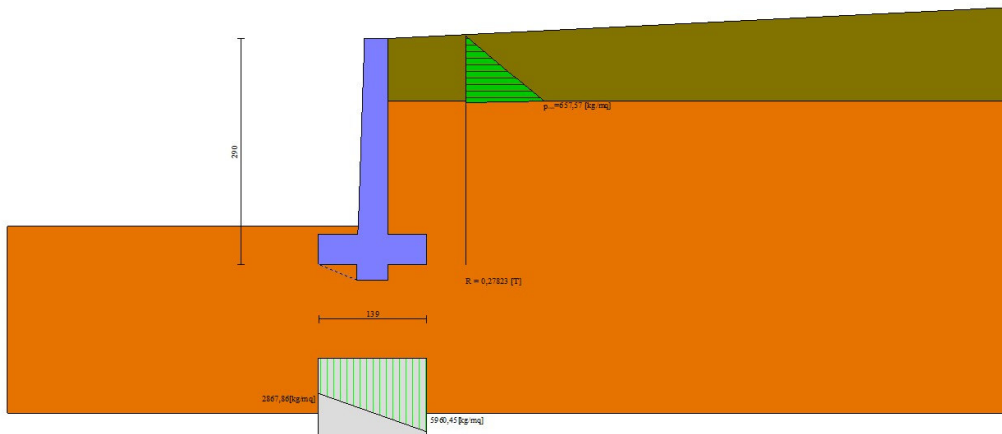


Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		29.923		53.341			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	9.728		52.194			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	9.652		53.954			
4 - GEO (A2-M2-R2)					5.849		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				6.056		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				6.389		
7 - EQU (A1-M1-R3)			8.541				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.433				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.628				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [T]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [T]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [T]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [T]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [T]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [T]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [T]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	[T]	
	1,212	5,122	1,745	--	--	8,078	0,837	9.652

### Dettagli verifica a scorrimento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ncss	Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [T]
φ <sub>RP</sub>	Angolo di rottura passiva, espresso in [°]

Nrpp Carico residuo sul piano di posa, espresso in [T]  
Lr Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	Ncss [T]	$\phi_{Rp}$	Nrpp [T]	Lr [m]
3	2,232	22.338	3,586	0,90

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
N Carico normale totale al piano di posa, espresso in [T]  
Qu carico limite del terreno, espresso in [T]  
Qd Portanza di progetto, espresso in [T]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N [T]	Qu [T]	Qd [T]	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	6,420	335,104	279,254	52.194

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
Nc, Nq, Ny Fattori di capacità portante  
ic, iq, iy Fattori di inclinazione del carico  
dc, dq, dy Fattori di profondità del piano di posa  
gc, gq, gy Fattori di inclinazione del profilo topografico  
bc, bq, by Fattori di inclinazione del piano di posa  
sc, sq, sy Fattori di forma della fondazione  
pc, pq, py Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic  
Re Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof  
Ir, Irc Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic  
ry Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia  $0.5B_yN_y$  viene moltiplicato per questo fattore  
D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]  
B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]  
H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno medio, espresso in [T/mc]  
 $\phi$  Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]  
c Coesione del terreno medio, espresso in [T/mq]  
 $\sigma_v$  Pressione terreno valle, espressa in [T/mq]  
 $\sigma_m$  Pressione terreno monte, espressa in [T/mq]  
Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
2	42.164 29.440 31.146	0.898 0.898 0.741	1.136 1.068 1.068	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.881	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	$\gamma$ [T/mc]	$\phi$ [°]	c [T/mq]
2	0,50	1,39	1,30	1,900	34,00	5,0

n°	$\sigma_v$ [T/mq]	$\sigma_m$ [T/mq]
2	4,9	4,3

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
Ms Momento stabilizzante, espresso in [Tm]  
Mr Momento ribaltante, espresso in [Tm]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [Tm]	Mr [Tm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	5,373	2,044	2.628

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
R Raggio, espresso in [m]  
FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 0,00	3,15	5.849

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

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 [T]

Qy carico sulla striscia espresso in [T]

Qf carico acqua sulla striscia espresso in [T]

$\alpha$  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 [T/mq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [T/mq]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [T/mq]

n°	W	Qy	Qf	b	$\alpha$	$\phi$	c	u	Tx; Ty
	[T]	[T]	[T]	[m]	[°]	[°]	[T/mq]	[T/mq]	[T]
1	0,280	0,000	0,000	2,65 - 0,21	77.790	21.315	0,0	0,00	
2	0,544	0,000	0,000	0,21	64.421	28.352	4,0	0,00	
3	0,689	0,000	0,000	0,21	56.597	28.352	4,0	0,00	
4	0,797	0,000	0,000	0,21	50.201	28.352	4,0	0,00	
5	0,883	0,000	0,000	0,21	44.587	28.352	4,0	0,00	
6	0,953	0,000	0,000	0,21	39.477	28.352	4,0	0,00	
7	1,012	0,000	0,000	0,21	34.723	28.352	4,0	0,00	
8	1,061	0,000	0,000	0,21	30.230	28.352	4,0	0,00	
9	1,101	0,000	0,000	0,21	25.936	28.352	4,0	0,00	
10	1,134	0,000	0,000	0,21	21.794	28.352	4,0	0,00	
11	1,194	0,000	0,000	0,21	17.769	28.352	4,0	0,00	
12	1,229	0,000	0,000	0,21	13.833	28.352	4,0	0,00	
13	1,349	0,000	0,000	0,21	9.963	28.352	4,0	0,00	
14	1,624	0,000	0,000	0,21	6.138	28.352	4,0	0,00	
15	0,815	0,000	0,000	0,21	2.341	28.352	4,0	0,00	
16	0,345	0,000	0,000	0,21	-1.446	28.352	4,0	0,00	
17	0,382	0,000	0,000	0,21	-5.239	28.352	4,0	0,00	
18	0,280	0,000	0,000	0,21	-9.055	28.352	4,0	0,00	
19	0,264	0,000	0,000	0,21	-12.913	28.352	4,0	0,00	
20	0,242	0,000	0,000	0,21	-16.831	28.352	4,0	0,00	
21	0,214	0,000	0,000	0,21	-20.833	28.352	4,0	0,00	
22	0,180	0,000	0,000	0,21	-24.944	28.352	4,0	0,00	
23	0,137	0,000	0,000	0,21	-29.199	28.352	4,0	0,00	
24	0,087	0,000	0,000	0,21	-33.640	28.352	4,0	0,00	
25	0,027	0,000	0,000	-2,56 - 0,21	-36.021	28.352	4,0	0,00	

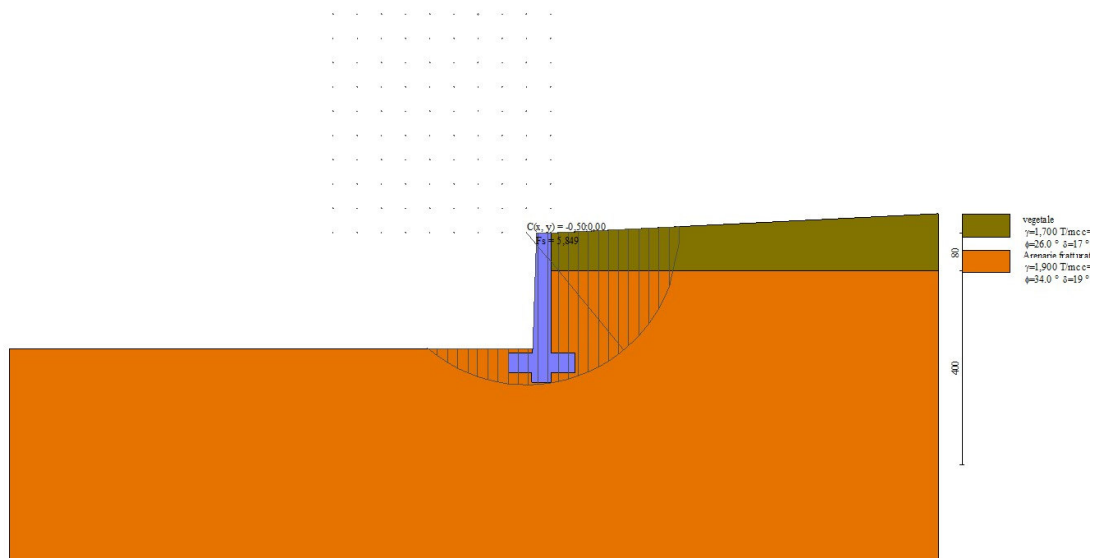


Fig. 12 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

## Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

N Sforzo normale, espresso in [T]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [T]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [Tm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

## Paramento

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-0,10	0,072	0,079	0,003	0,010	0,000	0,000
3	-0,20	0,144	0,159	0,012	0,027	0,001	0,002
4	-0,30	0,218	0,240	0,027	0,050	0,002	0,006
5	-0,40	0,292	0,322	0,047	0,079	0,005	0,011
6	-0,50	0,367	0,405	0,073	0,114	0,011	0,020
7	-0,60	0,443	0,489	0,106	0,155	0,019	0,033
8	-0,70	0,519	0,573	0,144	0,202	0,030	0,050
9	-0,80	0,597	0,659	0,188	0,255	0,046	0,071
10	-0,90	0,675	0,745	0,192	0,269	0,064	0,097
11	-1,00	0,754	0,833	0,192	0,279	0,082	0,122
12	-1,10	0,834	0,921	0,192	0,288	0,100	0,149
13	-1,20	0,915	1,010	0,192	0,299	0,117	0,177
14	-1,30	0,997	1,101	0,192	0,309	0,135	0,205
15	-1,40	1,079	1,192	0,192	0,320	0,152	0,235
16	-1,50	1,163	1,284	0,192	0,331	0,169	0,265
17	-1,60	1,247	1,377	0,192	0,342	0,186	0,296
18	-1,70	1,332	1,470	0,192	0,354	0,203	0,328
19	-1,80	1,418	1,565	0,192	0,365	0,220	0,362
20	-1,90	1,504	1,661	0,192	0,377	0,236	0,396
21	-2,00	1,592	1,757	0,192	0,390	0,253	0,431
22	-2,10	1,680	1,855	0,192	0,402	0,269	0,468
23	-2,20	1,769	1,953	0,192	0,415	0,285	0,505
24	-2,30	1,859	2,052	0,192	0,428	0,301	0,544
25	-2,40	1,950	2,153	0,192	0,442	0,316	0,584
26	-2,50	2,042	2,254	0,192	0,455	0,332	0,625

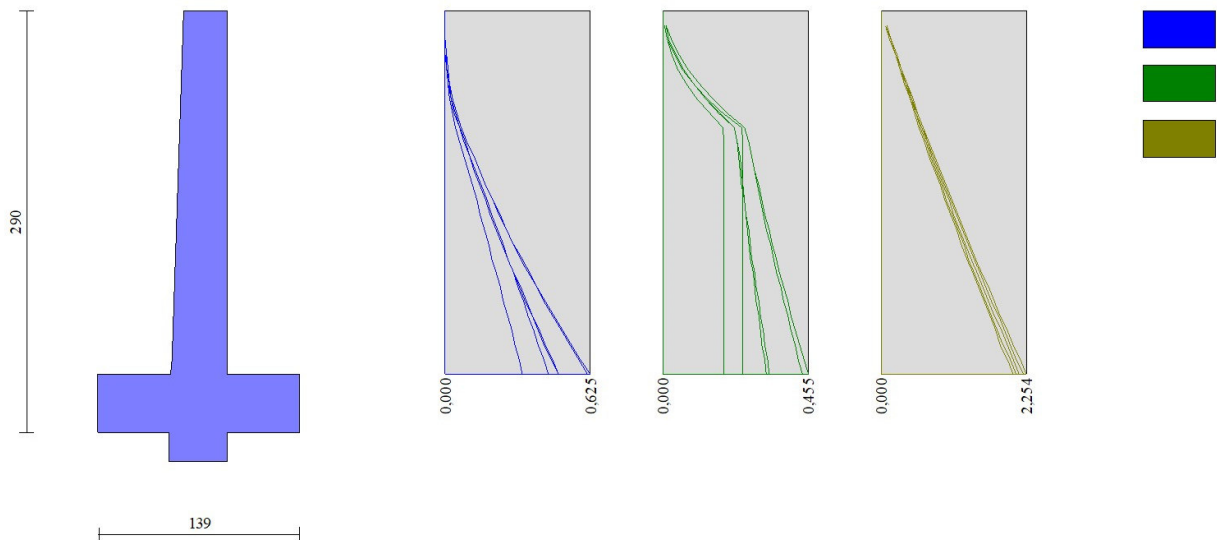


Fig. 13 - Paramento

## Fondazione

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
1	-0,89	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-0,79	0,000	0,000	0,158	0,393	0,008	0,020
3	-0,69	0,000	0,000	0,345	0,781	0,033	0,078
4	-0,59	0,000	0,000	0,560	1,164	0,078	0,176
5	-0,49	0,000	0,000	0,803	1,543	0,146	0,311
6	-0,39	0,000	0,000	1,068	1,910	0,239	0,484
7	0,00	0,000	0,000	-0,902	0,021	-0,235	0,034
8	0,10	0,000	0,000	-0,741	0,071	-0,153	0,029

n°	X [m]	Nmin [T]	Nmax [T]	Tmin [T]	Tmax [T]	Mmin [Tm]	Mmax [Tm]
9	0,20	0,000	0,000	-0,570	0,094	-0,088	0,020
10	0,30	0,000	0,000	-0,389	0,090	-0,040	0,011
11	0,40	0,000	0,000	-0,199	0,059	-0,010	0,003
12	0,50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

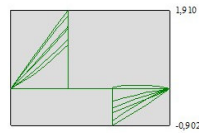
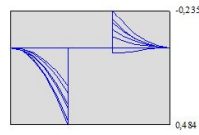
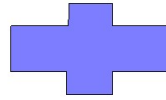


Fig. 14 - Fondazione

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [T]

### Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	0,86	72.30	62.11
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	0,63	61.97	39.35
Casseformi	[mq]	5.00	13.94	69.72
Scavo a sezione obbligata	[mc]	0,77	9.30	7.19
<b>Totale muro</b>				<b>178,38</b>
<b>Totale</b>				<b>178,38</b>

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

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

Il sottoscritto Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D., 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 D.M. 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	16.50 G
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Comune di Naso
Licenza	AIU54532G

#### 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  
( Ing. Ivan Joseph Duca Ph.D. )

---

**Indice**

Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Calcolo della spinta sul muro	3
Valori caratteristici e valori di calcolo	3
Metodo di Culmann	3
Spinta in presenza di falda	3
Spinta in presenza di sisma	3
Verifica a ribaltamento	4
Verifica a scorrimento	4
Verifica al carico limite	5
Verifica alla stabilità globale	6
Dati	7
Materiali	7
Calcestruzzo armato	7
Acciai	7
Geometria profilo terreno a monte del muro	7
Geometria muro	7
Geometria paramento e fondazione	7
Descrizione terreni	8
Stratigrafia	8
Normativa	9
Descrizione combinazioni di carico	9
Dati sismici	11
Opzioni di calcolo	12
Risultati per combinazione	13
Spinta e forze	13
Verifiche geotecniche	15
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	15
Verifica a scorrimento fondazione	16
Dettagli verifica a scorrimento	16
Verifica a carico limite	16
Dettagli calcolo portanza	16
Verifica a ribaltamento	17
Verifica stabilità globale muro + terreno	17
Dettagli strisce verifiche stabilità	17
Sollecitazioni	19
Paramento	19
Fondazione	22
Risultati per inviluppo	25
Spinta e forze	25
Verifiche geotecniche	26
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	26
Verifica a scorrimento fondazione	26
Dettagli verifica a scorrimento	26
Verifica a carico limite	27
Dettagli calcolo portanza	27
Verifica a ribaltamento	27

---

Verifica stabilità globale muro + terreno	27
Dettagli strisce verifiche stabilità	28
Sollecitazioni	28
Paramento	29
Fondazione	29
Elenco ferri	31
Computo metrico	31
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	32