



CITTÀ METROPOLITANA DI PALERMO

Area Infrastrutture

Direzione Viabilità

S.P. n. 4 “Di Portella di Poira”: San Cipirello – Corleone

Lavori di messa in sicurezza per la sistemazione del piano viabile e
realizzazione di opere di presidio e corredo in tratti saltuari
(dal km. 10+00 - bivio con la S.P. n. 42 di Tagliavia - al km 14+00 circa)

CUP: D37H20002500001

PROGETTO ESECUTIVO



I PROGETTISTI

ing. Giovanni Lascari
Ing. Claudio Tascone

COLLABORATORI

Visto:

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

ing. Giacomina Maria Fasulo

data _____ prot. _____

R - RELAZIONI

ELABORATO

Relazione di calcolo

VERIFICATO

n. _____ del _____

VALIDATO

n. _____ del _____

APPROVATO

n. _____ del _____

REV.

DATA

AGGIORNAMENTO

DATA

REL.

SCALA

CODICE FILE

REL.1.3.pdf

R.1.3

Premessa

L'intervento progettuale proposto attiene alla realizzazione dei lavori di manutenzione straordinaria volti alla sistemazione del piano viabile e realizzazione di opere di presidio e corredo in tratti saltuari dissestati della S.P. 4 "Di Portella Di Poirà", dalla progr.va Km.ca 10+000 circa (dal bivio con la SP 42 di Tagliavia) alla km.ca 14+00. Il tratto di strada in esame ricade nel territorio del Comune di Monreale ed ha uno sviluppo di Km 4 circa.

La presente relazione attiene al calcolo del muro a gabbioni, $h = 2,00$ m, da realizzare lungo S.P. n. 4 "Di Portella Di Poirà", in area ricadente nel comune di Monreale, nell'ambito dell'intervento di manutenzione straordinaria di che trattasi volto alla sistemazione di alcuni tratti dissestati ed opere di presidio e corredo lungo la SP 4, nel tratto identificato dalla km.ca 11+500 lato valle della SP 4

La relazione è stata redatta sulla base dei dati risultanti dalla Relazione geologica ed indagini geognostiche (allegati) agli atti di questo Ente, eseguiti precedentemente per altro intervento su strada SP 4. I parametri geotecnici utilizzati per il calcolo sono i seguenti:

peso dell'unità di volume saturo pari 19000 N/m^3 , angolo d'attrito pari a 25° ed una coesione pari a $5,00 \text{ kPa}$.

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 γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

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

Spinta in presenza di sisma

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

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente. Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

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

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, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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 θ . Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

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 η_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 δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

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

Verifica a scorrimento

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

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

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 δ_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, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

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

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

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
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione
- γ peso di volume del terreno in fondazione
- B larghezza della fondazione
- D profondità del piano di posa
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa
- 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	$\phi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\phi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_g = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$

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_γ 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 η_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_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η 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

Calcestruzzo non armato

C Classe di resistenza

γ Peso specifico, espresso in [kN/mc]

R_{ck} Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]

E Modulo elastico, espresso in [kPa]

ntc Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Pietrame

γ Peso di volume, espresso in [kN/mc]

σ_{cp} Tensione di compressione, espresso in [kPa]

ϕ Angolo di attrito interno, espresso in [°]

τ_p Resistenza a taglio, espressa in [kPa]

Calcestruzzo non armato

n°	Descr	C	γ [kN/mc]	R_{ck} [kPa]	E [kPa]	ntc
3	Cls non Armato	Rck 250	24,5170	24517	30073438	0.50

Pietrame

n°	Descr	γ [kN/mc]	σ_{cp} [kPa]	ϕ [°]	τ_p [kPa]
4	Pietrame	19,6136	2942	45.00	0

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	1,00	0,60	30.964
3	3,00	0,60	0.000
4	15,00	0,60	0.000

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

Falda

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	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-5,00	-2,60	0.000
2	-2,00	-2,60	0.000
3	1,00	-2,60	0.000
4	6,00	-2,60	0.000
5	15,00	-2,60	0.000

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

Paramento

Materiale Pietrame
 Altezza paramento 2,00 [m]
 Altezza paramento libero 2,01 [m]

Geometria gradoni

Simbologia adottata

n° indice gradone (a partire dall'alto)
 Bs, Bi Base superiore ed inferiore del gradone, espressa in [m]
 H altezza del gradone, espressa in [m]
 Ae, Ai inclinazione esterna ed interna del gradone espressa in [°]

n°	X	Bs	Bi	H	Ae	Ai
	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
1	0,00	1,00	1,00	1,00	0.00	0.00
2	0,50	2,00	2,00	1,00	0.00	0.00

Fondazione

Materiale Cls non Armato
 Lunghezza mensola di valle 0,01 [m]
 Lunghezza mensola di monte 0,01 [m]
 Lunghezza totale 2,02 [m]
 Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
 Spessore 0,01 [m]
 Spessore magrone 0,00 [m]

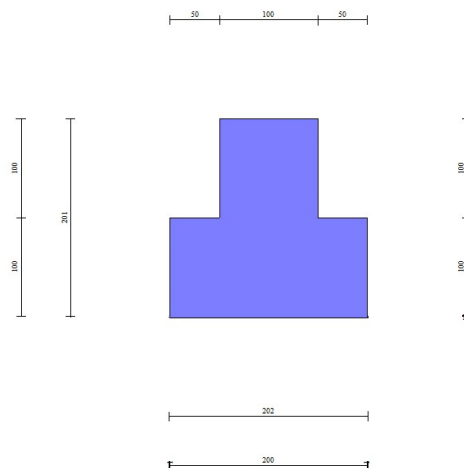


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreniParametri di resistenza

Simbologia adottata

n° Indice del terreno

Descr Descrizione terreno

 γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc] γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc] ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°] δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]

c Coesione espressa in [kPa]

ca Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)

 τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	Limi sabbiosi	16,0000	19,0000	25.000	25.000	5	5	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n° Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

 α Inclinazione espressa in [°]

Terreno Terreno dello strato

Kwn, Kwt Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm²/cmPer calcolo pali (solo se presenti)Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/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_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	K _{wn} [Kg/cm ³]]	K _{wt} [Kg/cm ³]]	K _w [Kg/cm ³]]	K _s	Cesp	K _{ststa}	K _{stsis}
1	3,00	0.000	Limi sabbiosi	5.000	5.000	---	---	---	---	---
2	2,00	0.000	Limi sabbiosi	5.000	5.000	---	---	---	---	---

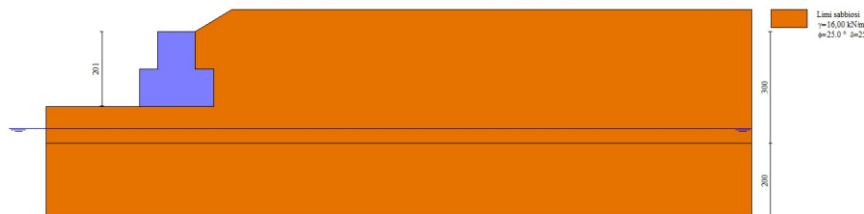


Fig. 2 - Stratigrafia

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_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

M Momento espresso in [kNm]

X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kN]Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kN]Condizione n° 1 (Condizione 1) - VARIABILECoeff. di combinazione $\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$ Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					1,00	7,00	20,0000	20,0000

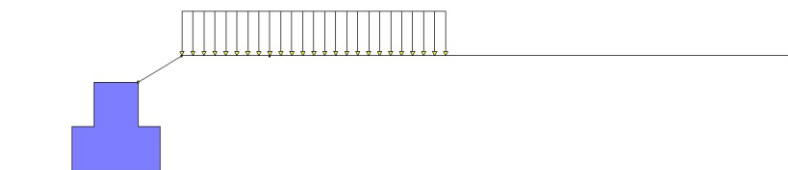


Fig. 3 - Carichi sul terreno

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	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	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_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):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- 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. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	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	γ	Ψ	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	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	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	γ	Ψ	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	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	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	γ	Ψ	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	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Camporeale
Provincia	Palermo
Regione	Sicilia
Latitudine	37.898243
Longitudine	13.094969
Indice punti di interpolazione	46281 - 46059 - 46058 - 46280
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		1.631	0.534
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.166	0.054
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.409	2.319
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.291	0.244
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	7.580	3.790
Ultimo - Ribaltamento	0.570	11.370	5.685
Esercizio	0.470	3.070	1.535

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

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
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 ($0.5B\gamma N_\gamma$)	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	0.00
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
Sezioni verifica muri a gravità	Tutte
Richiesto controllo eccentricità verifiche muro a gravità in cls	

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5,00 [cm]

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 [kN]

C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]

P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	15,17	61,70	7,19	13,35	0,51	-1,46
	Peso/Inerzia muro			0,00	59,34/0,00	-0,50	-1,17
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	9,57/0,00	0,27	-0,44
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			6,79		0,00	-0,50
2	Spinta statica	9,22	71,66	2,90	8,76	0,51	-1,49
	Incremento di spinta sismica		4,94	1,55	4,69	0,51	-1,33
	Peso/Inerzia muro			4,50	59,34/2,25	-0,50	-1,17
	Peso/Inerzia terrapieno			0,73	9,57/0,36	0,27	-0,44
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			4,99		0,00	-0,47
3	Spinta statica	9,22	71,66	2,90	8,76	0,51	-1,49
	Incremento di spinta sismica		2,86	0,90	2,72	0,51	-1,33
	Peso/Inerzia muro			4,50	59,34/-2,25	-0,50	-1,17
	Peso/Inerzia terrapieno			0,73	9,57/-0,36	0,27	-0,44
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			4,12		0,00	-0,44

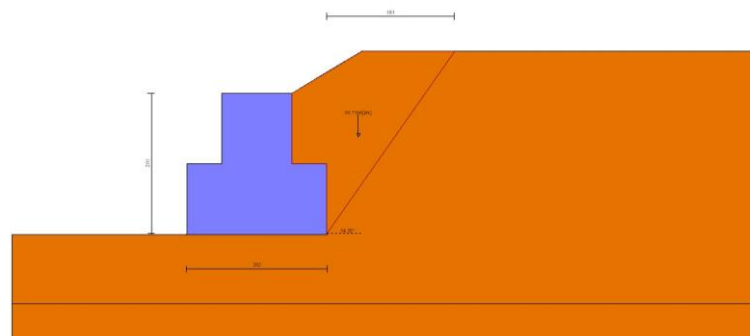


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

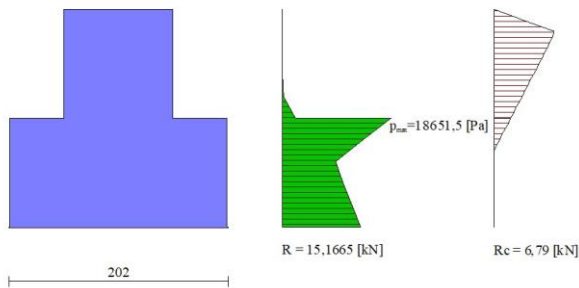


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

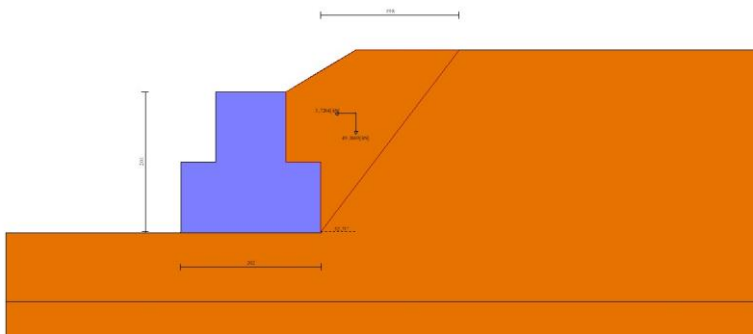


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

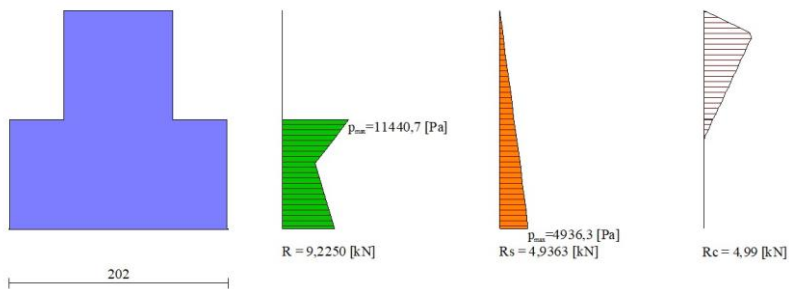


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Verifiche geotecniche*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		3.466		2.214			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	3.390		2.366			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	3.527		2.550			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.554		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.686		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.716		
7 - EQU (A1-M1-R3)			26.487				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		10.262				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		7.016				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	48,46	0,00	0,00	--	--	48,46	13,98	3.466
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	49,72	0,00	0,00	--	--	49,72	14,66	3.390
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	46,36	0,00	0,00	--	--	46,36	13,15	3.527

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	82,26	182,13	130,10	2.214
2 - STR (A1-M1-R3)	84,96	201,02	167,52	2.366
H + V				
3 - STR (A1-M1-R3)	77,77	198,34	165,28	2.550
H - V				

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Nc, Nq, N_γ Fattori di capacità portante

ic, iq, i_γ Fattori di inclinazione del carico

dc, dq, d_γ Fattori di profondità del piano di posa

gc, gq, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico

bc, bq, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa

sc, sq, s_γ Fattori di forma della fondazione

pc, pq, p_γ 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_γ 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]

γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]

φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]

c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

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

n°	Nc Nq N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	Ir	Irc	Re	r _γ
1	20.721 10.662 6.766	0.797 0.797 0.377	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.800	0.999
2	20.721 10.662 6.766	0.794 0.794 0.370	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.889	0.999
3	20.721 10.662 6.766	0.798 0.798 0.380	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.868	0.999

n°	D	B'	H	γ	φ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[kPa]
1	0,00	2,02	1,59	11,73	25.00	5
2	0,00	2,02	1,59	11,73	25.00	5
3	0,00	2,02	1,59	11,73	25.00	5

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	103,94	3,92	26.487
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	107,68	10,49	10.262
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	99,57	14,19	7.016

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)	-1,50; 1,50	4,05	1.554
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,50; 1,50	4,05	1.686
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,50; 2,00	4,50	1.716

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

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,36	0,00	0,00	2,46 - 0,24	71.175	20.458	4	0,0	
2	3,62	0,00	0,00	0,24	62.935	20.458	4	0,0	
3	5,22	0,00	0,00	0,24	56.145	20.458	4	0,0	
4	6,47	0,00	0,00	0,24	50.425	20.458	4	0,0	
5	7,50	0,00	0,00	0,24	45.337	20.458	4	0,0	
6	8,36	0,00	0,00	0,24	40.677	20.458	4	0,0	
7	8,87	0,00	0,00	0,24	36.326	20.458	4	0,0	
8	8,95	0,00	0,00	0,24	32.207	20.458	4	0,0	
9	9,67	0,00	0,00	0,24	28.268	20.458	4	0,0	
10	9,71	0,00	0,00	0,24	24.470	20.458	4	0,0	
11	10,36	0,00	0,00	0,24	20.785	20.458	4	0,0	
12	10,88	0,00	0,00	0,24	17.187	20.458	4	0,0	
13	11,13	0,00	0,00	0,24	13.659	20.458	4	0,0	
14	11,33	0,00	0,00	0,24	10.183	20.458	4	0,0	
15	8,63	0,00	0,00	0,24	6.744	20.458	4	0,0	
16	6,83	0,00	0,00	0,24	3.330	20.458	4	0,0	
17	4,37	0,00	0,00	0,24	-0.073	20.458	4	0,0	
18	2,06	0,00	0,00	0,24	-3.475	20.458	4	0,0	
19	1,98	0,00	0,00	0,24	-6.890	20.458	4	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
20	1,84	0,00	0,00	0,24	-10.330	20.458	4	0,0	
21	1,64	0,00	0,00	0,24	-13.808	20.458	4	0,0	
22	1,38	0,00	0,00	0,24	-17.339	20.458	4	0,0	
23	1,06	0,00	0,00	0,24	-20.940	20.458	4	0,0	
24	0,67	0,00	0,00	0,24	-24.630	20.458	4	0,0	
25	0,21	0,00	0,00	-3,55 - 0,24	-26.276	20.458	4	0,0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,36	0,00	0,00	2,46 - 0,24	71.175	25.000	5	0,0	
2	3,62	0,00	0,00	0,24	62.935	25.000	5	0,0	
3	5,22	0,00	0,00	0,24	56.145	25.000	5	0,0	
4	6,47	0,00	0,00	0,24	50.425	25.000	5	0,0	
5	7,50	0,00	0,00	0,24	45.337	25.000	5	0,0	
6	8,36	0,00	0,00	0,24	40.677	25.000	5	0,0	
7	8,87	0,00	0,00	0,24	36.326	25.000	5	0,0	
8	8,95	0,00	0,00	0,24	32.207	25.000	5	0,0	
9	9,67	0,00	0,00	0,24	28.268	25.000	5	0,0	
10	9,71	0,00	0,00	0,24	24.470	25.000	5	0,0	
11	10,36	0,00	0,00	0,24	20.785	25.000	5	0,0	
12	10,88	0,00	0,00	0,24	17.187	25.000	5	0,0	
13	11,13	0,00	0,00	0,24	13.659	25.000	5	0,0	
14	11,33	0,00	0,00	0,24	10.183	25.000	5	0,0	
15	8,63	0,00	0,00	0,24	6.744	25.000	5	0,0	
16	6,83	0,00	0,00	0,24	3.330	25.000	5	0,0	
17	4,37	0,00	0,00	0,24	-0.073	25.000	5	0,0	
18	2,06	0,00	0,00	0,24	-3.475	25.000	5	0,0	
19	1,98	0,00	0,00	0,24	-6.890	25.000	5	0,0	
20	1,84	0,00	0,00	0,24	-10.330	25.000	5	0,0	
21	1,64	0,00	0,00	0,24	-13.808	25.000	5	0,0	
22	1,38	0,00	0,00	0,24	-17.339	25.000	5	0,0	
23	1,06	0,00	0,00	0,24	-20.940	25.000	5	0,0	
24	0,67	0,00	0,00	0,24	-24.630	25.000	5	0,0	
25	0,21	0,00	0,00	-3,55 - 0,24	-26.276	25.000	5	0,0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,20	0,00	0,00	2,78 - 0,25	66.899	25.000	5	0,0	
2	3,31	0,00	0,00	0,25	60.401	25.000	5	0,0	
3	4,93	0,00	0,00	0,25	54.359	25.000	5	0,0	
4	6,24	0,00	0,00	0,25	49.121	25.000	5	0,0	
5	7,34	0,00	0,00	0,25	44.394	25.000	5	0,0	
6	8,27	0,00	0,00	0,25	40.025	25.000	5	0,0	
7	9,07	0,00	0,00	0,25	35.923	25.000	5	0,0	
8	9,48	0,00	0,00	0,25	32.025	25.000	5	0,0	
9	9,46	0,00	0,00	0,25	28.287	25.000	5	0,0	
10	10,27	0,00	0,00	0,25	24.676	25.000	5	0,0	
11	10,12	0,00	0,00	0,25	21.168	25.000	5	0,0	
12	11,08	0,00	0,00	0,25	17.742	25.000	5	0,0	
13	11,38	0,00	0,00	0,25	14.380	25.000	5	0,0	
14	11,61	0,00	0,00	0,25	11.068	25.000	5	0,0	
15	11,44	0,00	0,00	0,25	7.793	25.000	5	0,0	
16	6,92	0,00	0,00	0,25	4.544	25.000	5	0,0	
17	6,50	0,00	0,00	0,25	1.309	25.000	5	0,0	
18	1,95	0,00	0,00	0,25	-1.921	25.000	5	0,0	
19	1,89	0,00	0,00	0,25	-5.157	25.000	5	0,0	
20	1,76	0,00	0,00	0,25	-8.411	25.000	5	0,0	
21	1,58	0,00	0,00	0,25	-11.691	25.000	5	0,0	
22	1,34	0,00	0,00	0,25	-15.012	25.000	5	0,0	
23	1,03	0,00	0,00	0,25	-18.385	25.000	5	0,0	
24	0,65	0,00	0,00	0,25	-21.825	25.000	5	0,0	
25	0,21	0,00	0,00	-3,55 - 0,25	-23.600	25.000	5	0,0	

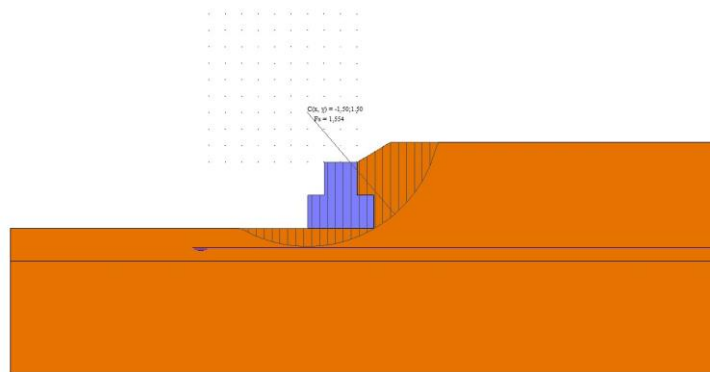


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

SollecitazioniElementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

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

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

M Momento, espresso in [kNm]. 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	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,96	0,26	0,01
3	-0,20	3,92	1,02	0,07
4	-0,30	5,88	2,02	0,22
5	-0,40	7,84	2,93	0,47
6	-0,50	9,80	3,75	0,80
7	-0,60	11,76	4,47	1,21
8	-0,70	13,72	5,09	1,69
9	-0,80	15,68	5,62	2,23
10	-0,90	17,63	6,11	2,81
11	-1,00	19,59	6,60	3,45
12	-1,00	28,85	6,62	-3,54
13	-1,10	32,77	8,43	-2,78
14	-1,20	36,69	9,93	-1,86
15	-1,30	40,61	11,11	-0,81
16	-1,40	44,53	12,04	0,35
17	-1,50	48,45	12,89	1,59
18	-1,60	52,37	13,81	2,93
19	-1,70	56,28	14,80	4,35
20	-1,80	60,20	15,85	5,88
21	-1,90	64,12	16,97	7,52
22	-2,00	68,04	18,15	9,28

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	2,03	0,36	0,01
3	-0,20	4,07	1,13	0,09
4	-0,30	6,10	2,13	0,25
5	-0,40	8,13	3,08	0,51
6	-0,50	10,17	3,97	0,86
7	-0,60	12,20	4,80	1,30
8	-0,70	14,24	5,55	1,82
9	-0,80	16,27	6,25	2,41
10	-0,90	18,30	6,88	3,06
11	-1,00	20,34	7,44	3,78
12	-1,00	29,60	8,16	-2,80
13	-1,10	33,67	9,77	-1,90
14	-1,20	37,73	11,20	-0,85
15	-1,30	41,80	12,48	0,33
16	-1,40	45,87	13,65	1,63
17	-1,50	49,93	14,81	3,06
18	-1,60	54,00	16,05	4,60
19	-1,70	58,07	17,35	6,26
20	-1,80	62,14	18,73	8,07
21	-1,90	66,20	20,18	10,01
22	-2,00	70,27	21,71	12,10

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,89	0,35	0,01
3	-0,20	3,77	1,09	0,08
4	-0,30	5,66	1,94	0,24
5	-0,40	7,54	2,73	0,47
6	-0,50	9,43	3,46	0,78
7	-0,60	11,31	4,13	1,16
8	-0,70	13,20	4,73	1,60
9	-0,80	15,08	5,27	2,10
10	-0,90	16,97	5,75	2,65
11	-1,00	18,85	6,17	3,25
12	-1,00	28,11	6,89	-3,33
13	-1,10	31,88	8,36	-2,57
14	-1,20	35,65	9,65	-1,67
15	-1,30	39,42	10,82	-0,65
16	-1,40	43,19	11,86	0,49
17	-1,50	46,96	12,89	1,72
18	-1,60	50,73	13,98	3,06
19	-1,70	54,50	15,13	4,52
20	-1,80	58,27	16,34	6,09
21	-1,90	62,04	17,62	7,79
22	-2,00	65,81	18,96	9,61

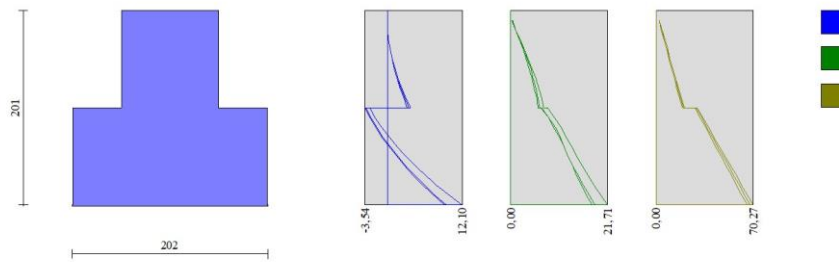


Fig. 9 - Paramento (Involuppo)

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,51	0,00	0,00	0,00
2	-1,50	0,00	0,31	0,00
3	0,50	0,00	0,02	0,00
4	0,51	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,51	0,00	0,00	0,00
2	-1,50	0,00	0,33	0,00
3	0,50	0,00	0,14	0,00
4	0,51	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,51	0,00	0,00	0,00
2	-1,50	0,00	0,31	0,00
3	0,50	0,00	0,09	0,00
4	0,51	0,00	0,00	0,00

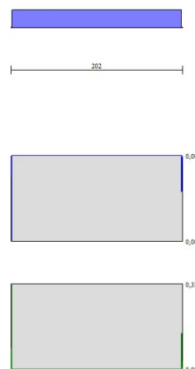


Fig. 10 - Fondazione (Involuppo)

Verifiche strutturali

Paramento in pietrame

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
As	area sezione reagente espresso in [cmq]
e	eccentricità espresso in [cm]
σ	tensione espressa in [kPa]
Rt	resistenza ai carichi orizzontali espressa in [kN]
Et	Azione orizzontale espressa in [kN]
FSsco	fattore di sicurezza allo scorrimento (Rt/Et)
Ms	momento stabilizzante espresso in [kNm]
Mr	momento ribaltante espresso in [kNm]
FSrib	fattore di sicurezza a ribaltamento (Ms/Mr)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	0,43	2	1,9594	0,2557	7.662	0,9797	0,0085	115.043
3	-0,20	10000	1,74	4	3,9188	1,0229	3.831	1,9594	0,0681	28.761
4	-0,30	10000	3,76	7	5,8782	2,0222	2.907	2,9391	0,2208	13.313
5	-0,40	10000	5,99	11	7,8376	2,9330	2.672	3,9188	0,4691	8.354
6	-0,50	10000	8,20	15	9,7970	3,7473	2.614	4,8985	0,8036	6.096
7	-0,60	10000	10,33	19	11,7564	4,4652	2.633	5,8782	1,2146	4.840
8	-0,70	10000	12,34	24	13,7158	5,0889	2.695	6,8589	1,6926	4.052
9	-0,80	10000	14,22	29	15,6752	5,6204	2.789	7,8416	2,2283	3.519
10	-0,90	10000	15,96	35	17,6346	6,1074	2.887	8,8484	2,8140	3.144
11	-1,00	9720	17,60	40	19,5940	6,5989	2.969	9,9024	3,4487	2.871
12	-1,00	20000	-12,26	20	28,8528	6,6236	4.356	36,0242	3,4619	10.406
13	-1,10	20000	-8,49	21	32,7716	8,4341	3.886	41,0458	4,2167	9.734
14	-1,20	20000	-5,08	21	36,6904	9,9285	3.695	45,9137	5,1365	8.939
15	-1,30	20000	-1,99	22	40,6092	11,1111	3.655	50,6298	6,1900	8.179
16	-1,40	20000	0,78	23	44,5280	12,0367	3.699	55,1960	7,3480	7.512
17	-1,50	20000	3,29	27	48,4468	12,8900	3.758	59,7116	8,5925	6.949
18	-1,60	20000	5,59	31	52,3656	13,8096	3.792	64,2737	9,9256	6.476
19	-1,70	20000	7,74	35	56,2844	14,7955	3.804	68,8821	11,3539	6.067
20	-1,80	20000	9,77	39	60,2032	15,8477	3.799	73,5369	12,8840	5.708
21	-1,90	20000	11,73	43	64,1220	16,9664	3.779	78,2381	14,5225	5.387
22	-2,00	20000	13,63	48	68,0408	18,1514	3.749	82,9858	16,2760	5.099

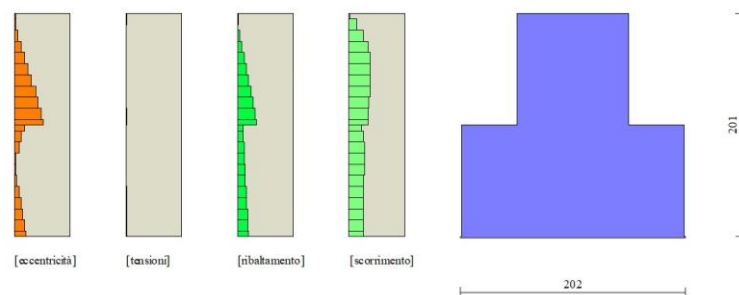


Fig. 11 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 1)

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

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	0,71	2	2,0337	0,3564	5.706	1,0220	0,0143	71.266
3	-0,20	10000	2,09	5	4,0673	1,1286	3.604	2,0545	0,0851	24.155
4	-0,30	10000	4,06	8	6,1010	2,1298	2.865	3,0973	0,2478	12.501
5	-0,40	10000	6,25	11	8,1346	3,0837	2.638	4,1506	0,5087	8.159
6	-0,50	10000	8,47	15	10,1683	3,9725	2.560	5,2143	0,8617	6.051
7	-0,60	10000	10,66	20	12,2020	4,7962	2.544	6,2884	1,3002	4.836
8	-0,70	10000	12,77	25	14,2356	5,5549	2.563	7,3729	1,8178	4.056
9	-0,80	10000	14,80	31	16,2693	6,2485	2.604	8,4678	2,4079	3.517
10	-0,90	9978	16,74	37	18,3030	6,8771	2.661	9,5731	3,0641	3.124
11	-1,00	9424	18,59	43	20,3366	7,4405	2.733	10,6888	3,7798	2.828
12	-1,00	20000	-9,46	19	29,5977	8,1603	3.627	37,3888	4,1987	8.905
13	-1,10	20000	-5,66	20	33,6650	9,7743	3.444	42,2978	5,0962	8.300
14	-1,20	20000	-2,27	20	37,7323	11,1953	3.370	47,1298	6,1451	7.670
15	-1,30	20000	0,79	21	41,7997	12,4775	3.350	51,8862	7,3284	7.080
16	-1,40	20000	3,56	25	45,8670	13,6531	3.359	56,5680	8,6345	6.551
17	-1,50	20000	6,12	30	49,9343	14,8130	3.371	61,2389	10,0558	6.090
18	-1,60	20000	8,51	34	54,0016	16,0460	3.365	65,9609	11,5966	5.688
19	-1,70	20000	10,79	38	58,0689	17,3522	3.346	70,7341	13,2642	5.333
20	-1,80	20000	12,98	43	62,1363	18,7316	3.317	75,5585	15,0660	5.015
21	-1,90	20000	15,12	48	66,2036	20,1842	3.280	80,4340	17,0092	4.729
22	-2,00	20000	17,22	53	70,2709	21,7100	3.237	85,3608	19,1012	4.469

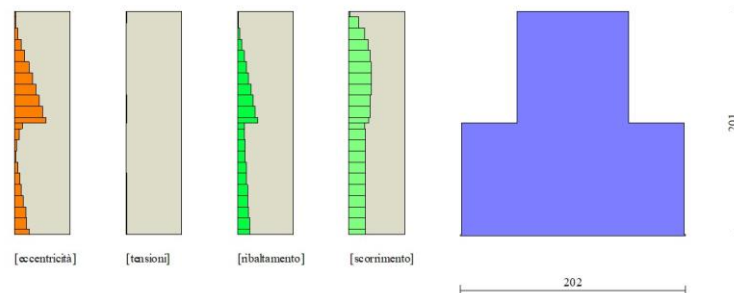


Fig. 12 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 2)

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

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	0,75	2	1,8851	0,3517	5.360	0,9456	0,0142	66.660
3	-0,20	10000	2,21	4	3,7703	1,0903	3.458	1,8972	0,0835	22.726
4	-0,30	10000	4,16	7	5,6554	1,9426	2.911	2,8549	0,2355	12.123
5	-0,40	10000	6,23	10	7,5406	2,7329	2.759	3,8186	0,4696	8.132
6	-0,50	10000	8,27	14	9,4257	3,4612	2.723	4,7884	0,7795	6.143
7	-0,60	10000	10,25	18	11,3108	4,1274	2.740	5,7642	1,1590	4.973
8	-0,70	10000	12,14	23	13,1960	4,7316	2.789	6,7460	1,6021	4.211
9	-0,80	10000	13,94	28	15,0811	5,2737	2.860	7,7339	2,1023	3.679
10	-0,90	10000	15,64	33	16,9662	5,7538	2.949	8,7278	2,6537	3.289
11	-1,00	9828	17,24	38	18,8514	6,1718	3.054	9,7278	3,2499	2.993
12	-1,00	20000	-11,86	19	28,1080	6,8888	4.080	35,5702	3,6662	9.702
13	-1,10	20000	-8,06	20	31,8783	8,3604	3.813	40,1131	4,4295	9.056
14	-1,20	20000	-4,68	20	35,6485	9,6509	3.694	44,5727	5,3304	8.362
15	-1,30	20000	-1,64	21	39,4188	10,8157	3.645	48,9500	6,3537	7.704
16	-1,40	20000	1,13	22	43,1891	11,8646	3.640	53,2461	7,4876	7.111
17	-1,50	20000	3,67	26	46,9594	12,8885	3.644	57,5248	8,7235	6.594

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
18	-1,60	20000	6,04	30	50,7296	13,9761	3.630	61,8481	10,0648	6.145
19	-1,70	20000	8,29	34	54,4999	15,1276	3.603	66,2159	11,5180	5.749
20	-1,80	20000	10,45	38	58,2702	16,3428	3.565	70,6285	13,0894	5.396
21	-1,90	20000	12,55	43	62,0405	17,6219	3.521	75,0856	14,7854	5.078
22	-2,00	20000	14,61	47	65,8108	18,9648	3.470	79,5875	16,6124	4.791

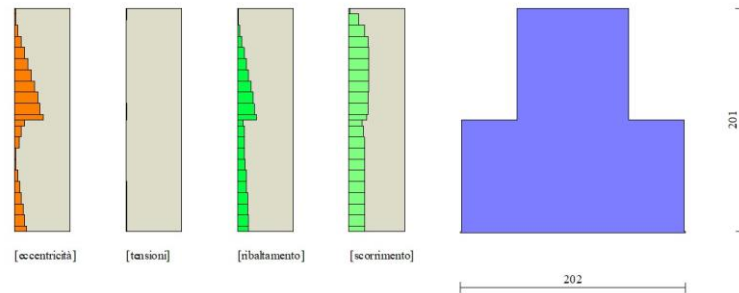


Fig. 13 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 3)

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	0,43	2	1,9594	0,2557	7.662	0,9797	0,0085	115.043
3	-0,20	10000	1,74	4	3,9188	1,0229	3.831	1,9594	0,0681	28.761
4	-0,30	10000	3,76	7	5,8782	2,0222	2.907	2,9391	0,2208	13.313
5	-0,40	10000	5,99	11	7,8376	2,9330	2.672	3,9188	0,4691	8.354
6	-0,50	10000	8,20	15	9,7970	3,7473	2.614	4,8985	0,8036	6.096
7	-0,60	10000	10,33	19	11,7564	4,4652	2.633	5,8782	1,2146	4.840
8	-0,70	10000	12,34	24	13,7158	5,0889	2.695	6,8589	1,6926	4.052
9	-0,80	10000	14,22	29	15,6752	5,6204	2.789	7,8416	2,2283	3.519
10	-0,90	10000	15,96	35	17,6346	6,1074	2.887	8,8484	2,8140	3.144
11	-1,00	9720	17,60	40	19,5940	6,5989	2.969	9,9024	3,4487	2.871
12	-1,00	20000	-12,26	20	28,8528	6,6236	4.356	36,0242	3,4619	10.406
13	-1,10	20000	-8,49	21	32,7716	8,4341	3.886	41,0458	4,2167	9.734
14	-1,20	20000	-5,08	21	36,6904	9,9285	3.695	45,9137	5,1365	8.939
15	-1,30	20000	-1,99	22	40,6092	11,1111	3.655	50,6298	6,1900	8.179
16	-1,40	20000	0,78	23	44,5280	12,0367	3.699	55,1960	7,3480	7.512
17	-1,50	20000	3,29	27	48,4468	12,8900	3.758	59,7116	8,5925	6.949
18	-1,60	20000	5,59	31	52,3656	13,8096	3.792	64,2737	9,9256	6.476
19	-1,70	20000	7,74	35	56,2844	14,7955	3.804	68,8821	11,3539	6.067
20	-1,80	20000	9,77	39	60,2032	15,8477	3.799	73,5369	12,8840	5.708
21	-1,90	20000	11,73	43	64,1220	16,9664	3.779	78,2381	14,5225	5.387
22	-2,00	20000	13,63	48	68,0408	18,1514	3.749	82,9858	16,2760	5.099

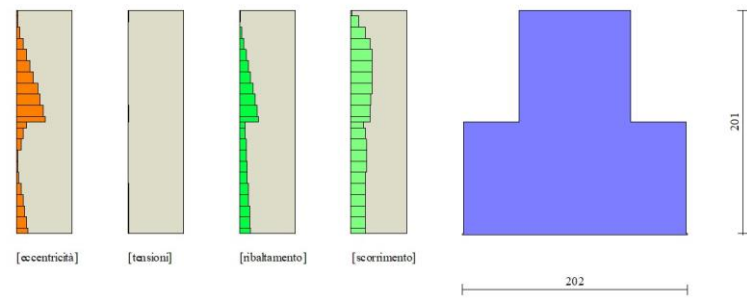


Fig. 14 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 7)

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

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	0,88	2	2,0708	0,4367	4.742	1,0434	0,0183	57.171
3	-0,20	10000	2,45	5	4,1416	1,3011	3.183	2,1028	0,1015	20.719
4	-0,30	10000	4,59	8	6,2124	2,3769	2.614	3,1782	0,2854	11.136
5	-0,40	10000	6,94	12	8,2832	3,4025	2.434	4,2697	0,5746	7.431
6	-0,50	10000	9,30	16	10,3540	4,3691	2.370	5,3771	0,9633	5.582
7	-0,60	10000	11,63	21	12,4248	5,2769	2.355	6,5006	1,4456	4.497
8	-0,70	10000	13,91	27	14,4955	6,1258	2.366	7,6401	2,0156	3.790
9	-0,80	10000	16,10	33	16,5663	6,9157	2.395	8,7956	2,6675	3.297
10	-0,90	9534	18,22	39	18,6371	7,6467	2.437	9,9671	3,3954	2.935
11	-1,00	8925	20,25	46	20,7079	8,3189	2.489	11,1546	4,1934	2.660
12	-1,00	20000	-7,29	18	29,9701	9,3903	3.192	38,1831	4,8160	7.928
13	-1,10	20000	-3,38	19	34,1117	11,1981	3.046	43,2547	5,8458	7.399
14	-1,20	20000	0,13	19	38,2533	12,8755	2.971	48,2578	7,0491	6.846
15	-1,30	20000	3,34	23	42,3949	14,4566	2.933	53,1937	8,4151	6.321
16	-1,40	20000	6,31	28	46,5364	15,9431	2.919	58,0634	9,9344	5.845
17	-1,50	20000	9,08	32	50,6780	17,4260	2.908	62,9305	11,6005	5.425
18	-1,60	20000	11,71	37	54,8196	18,9940	2.886	67,8572	13,4189	5.057
19	-1,70	20000	14,24	42	58,9612	20,6471	2.856	72,8434	15,3983	4.731
20	-1,80	20000	16,71	47	63,1028	22,3855	2.819	77,8893	17,5471	4.439
21	-1,90	20000	19,14	53	67,2444	24,2091	2.778	82,9948	19,8738	4.176
22	-2,00	20000	21,55	59	71,3860	26,1180	2.733	88,1599	22,3869	3.938

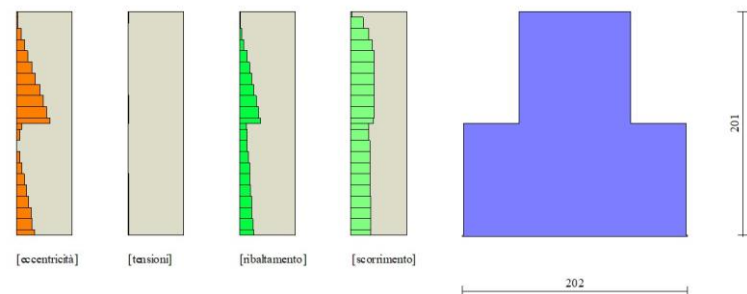


Fig. 15 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 8)

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

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	0,97	2	1,8480	0,4295	4.303	0,9287	0,0180	51.559
3	-0,20	10000	2,67	4	3,6960	1,2245	3.018	1,8666	0,0988	18.896
4	-0,30	10000	4,74	7	5,5440	2,0550	2.698	2,8139	0,2631	10.697
5	-0,40	10000	6,87	10	7,3920	2,8310	2.611	3,7705	0,5076	7.429
6	-0,50	10000	8,95	14	9,2400	3,5525	2.601	4,7365	0,8269	5.728
7	-0,60	10000	10,96	18	11,0880	4,2196	2.628	5,7117	1,2155	4.699
8	-0,70	10000	12,90	23	12,9361	4,8322	2.677	6,6963	1,6681	4.014
9	-0,80	10000	14,74	28	14,7841	5,3904	2.743	7,6902	2,1792	3.529
10	-0,90	10000	16,49	33	16,6321	5,8941	2.822	8,6933	2,7433	3.169
11	-1,00	9554	18,15	39	18,4801	6,3437	2.913	9,7059	3,3550	2.893
12	-1,00	20000	-10,91	18	27,7356	7,4108	3.743	35,4443	3,9737	8.920
13	-1,10	20000	-7,01	19	31,4316	9,0349	3.479	39,9647	4,7961	8.333
14	-1,20	20000	-3,49	19	35,1276	10,5468	3.331	44,4066	5,7751	7.689
15	-1,30	20000	-0,26	20	38,8236	11,9482	3.249	48,7711	6,8996	7.069
16	-1,40	20000	2,73	23	42,5196	13,2405	3.211	53,0595	8,1587	6.503
17	-1,50	20000	5,51	27	46,2156	14,5149	3.184	57,3352	9,5445	6.007
18	-1,60	20000	8,14	31	49,9117	15,8601	3.147	61,6604	11,0612	5.574
19	-1,70	20000	10,66	35	53,6077	17,2760	3.103	66,0352	12,7157	5.193
20	-1,80	20000	13,11	40	57,3037	18,7629	3.054	70,4595	14,5153	4.854
21	-1,90	20000	15,52	45	60,9997	20,3205	3.002	74,9334	16,4669	4.551
22	-2,00	20000	17,90	50	64,6957	21,9491	2.948	79,4569	18,5777	4.277

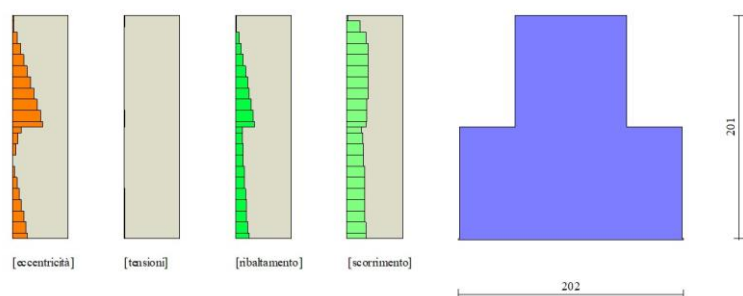


Fig. 16 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 9)

*Fondazione in cls non armato*Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Dest	Y [m]	As [cmq]	e [m]	NRd [kN]	Ned [kN]	FS _N	VRd [kN]	Ved [kN]	FS _T
Valle	-1,50	83	0,001	95,53	1,79	53.307	5,51	0,31	17.912
Monte	0,50	83	0,001	95,53	0,13	721.433	4,99	0,02	219.147

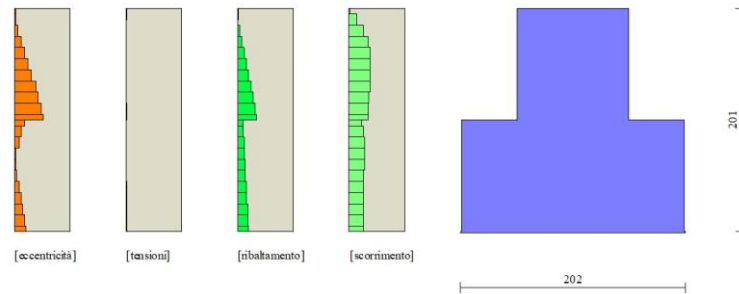


Fig. 17 - Verifiche paramento cls non armato (Combinazione n° 1)

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

Dest	Y [m]	As [cmq]	e [m]	NRd [kN]	Ned [kN]	FS _N	VRd [kN]	Ved [kN]	FS _T
Valle	-1,50	83	0,001	95,53	1,92	49.678	5,55	0,33	16.812
Monte	0,50	83	0,001	95,53	0,80	119.120	5,21	0,14	37.829

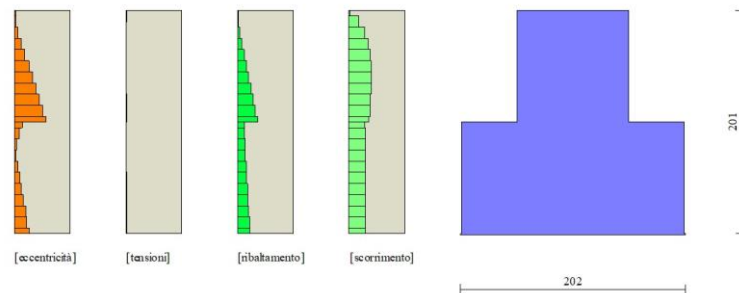


Fig. 18 - Verifiche paramento cls non armato (Combinazione n° 2)

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

Dest	Y [m]	As [cmq]	e [m]	NRd [kN]	Ned [kN]	FS _N	VRd [kN]	Ved [kN]	FS _T
Valle	-1,50	83	0,001	95,53	1,79	53.416	5,51	0,31	17.947
Monte	0,50	83	0,001	95,53	0,52	183.115	5,12	0,09	57.136

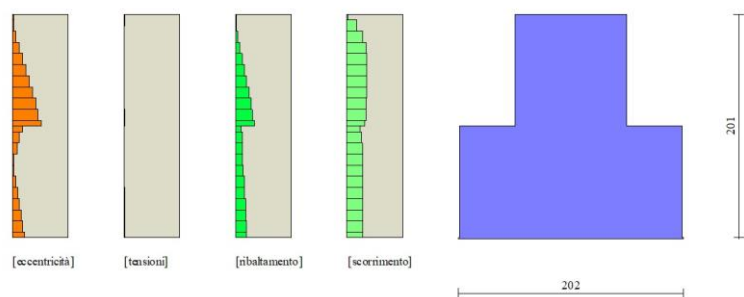


Fig. 19 - Verifiche paramento cls non armato (Combinazione n° 3)

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Dest	Y [m]	As [cmq]	e [m]	NRd [kN]	Ned [kN]	FS _N	VRd [kN]	Ved [kN]	FS _T
Valle	-1,50	83	0,001	95,53	1,79	53.307	5,51	0,31	17.912
Monte	0,50	83	0,001	95,53	0,13	721.433	4,99	0,02	219.147

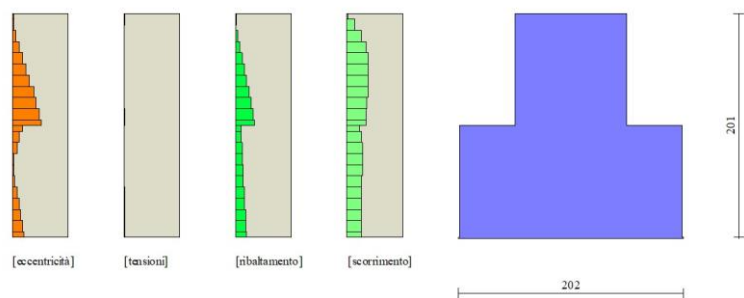


Fig. 20 - Verifiche paramento cls non armato (Combinazione n° 7)

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

Dest	Y [m]	As [cmq]	e [m]	NRd [kN]	Ned [kN]	FS _N	VRd [kN]	Ved [kN]	FS _T
Valle	-1,50	83	0,001	95,53	2,00	47.788	5,57	0,34	16.238
Monte	0,50	83	0,001	95,53	0,95	100.894	5,25	0,16	32.325

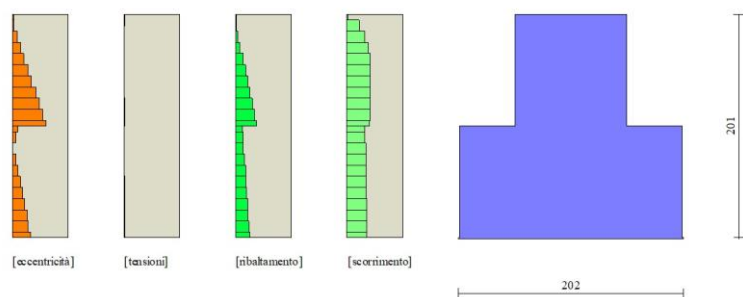


Fig. 21 - Verifiche paramento cls non armato (Combinazione n° 8)

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

Dest	Y [m]	As [cmq]	e [m]	NRd [kN]	Ned [kN]	FS _N	VRd [kN]	Ved [kN]	FS _T
Valle	-1,50	83	0,001	95,53	1,80	53.172	5,51	0,31	17.873
Monte	0,50	83	0,001	95,53	0,52	182.563	5,12	0,09	56.969

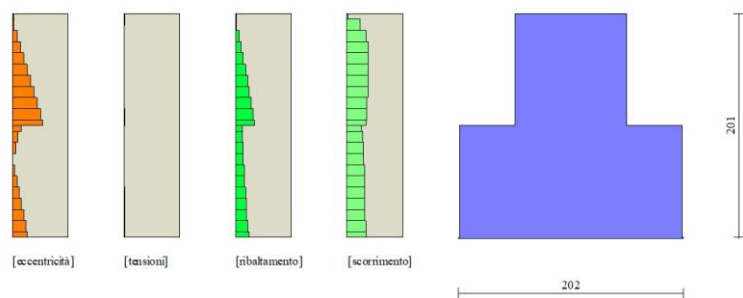


Fig. 22 - Verifiche paramento cls non armato (Combinazione n° 9)

Risultati per involucro

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione

A Tipo azione

I Inclinação della spinta, espressa in [°]

V Valore dell'azione, espressa in [kN]

C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]

P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	15,17	61,70	7,19	13,35	0,51	-1,46
	Peso/Inerzia muro			0,00	59,34/0,00	-0,50	-1,17
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	9,57/0,00	0,27	-0,44
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0,00	0,00	0,00
	Diagramma correttivo			6,79		0,00	-0,50

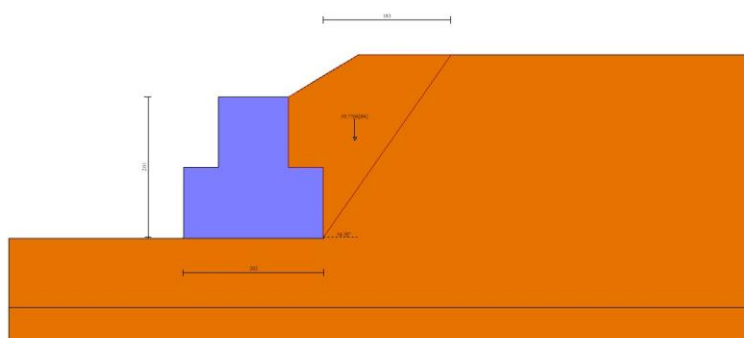


Fig. 23 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

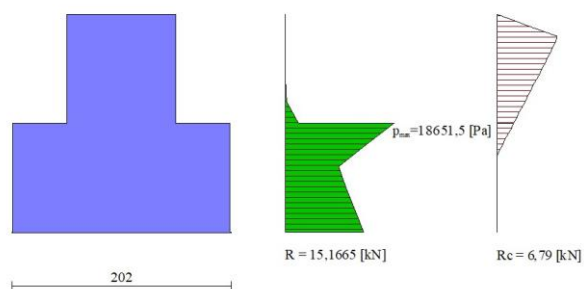


Fig. 24 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Verifiche geotecniche*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		3.466		2.214			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	3.390		2.366			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	3.527		2.550			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.554		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.686		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.716		
7 - EQU (A1-M1-R3)			26.487				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		10.262				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		7.016				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	49,72	0,00	0,00	--	--	49,72	14,66	3.390

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	82,26	182,13	130,10	2.214

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

N_c, N_q, N_γ Fattori di capacità portante

i_c, i_q, i_γ Fattori di inclinazione del carico

d_c, d_q, d_γ Fattori di profondità del piano di posa

g_c, g_q, g_γ Fattori di inclinazione del profilo topografico

b_c, b_q, b_γ Fattori di inclinazione del piano di posa

s_c, s_q, s_γ Fattori di forma della fondazione

p_c, p_q, p_γ Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic

R_e Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof

I_r, I_{rc} Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic

r_γ 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]

γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]

ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]

c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

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

n°	N_c N_q N_γ	i_c i_q i_γ	d_c d_q d_γ	g_c g_q g_γ	b_c b_q b_γ	s_c s_q s_γ	p_c p_q p_γ	I_r	I_{rc}	R_e	r_γ
1	20.721 10.662 6.766	0.797 0.797 0.377	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.800	0.999

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	ϕ [kN/mc] [°]	c [kPa]
1	0,00	2,02	1,59	11,73	25.00	5

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

M_s Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

M_r Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	M_s [kNm]	M_r [kNm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	99,57	14,19	7.016

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

I_c 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)	-1,50; 1,50	4,05	1.554

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 [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]

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 [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,36	0,00	0,00	2,46 - 0,24	71.175	20.458	4	0,0	
2	3,62	0,00	0,00	0,24	62.935	20.458	4	0,0	
3	5,22	0,00	0,00	0,24	56.145	20.458	4	0,0	
4	6,47	0,00	0,00	0,24	50.425	20.458	4	0,0	
5	7,50	0,00	0,00	0,24	45.337	20.458	4	0,0	
6	8,36	0,00	0,00	0,24	40.677	20.458	4	0,0	
7	8,87	0,00	0,00	0,24	36.326	20.458	4	0,0	
8	8,95	0,00	0,00	0,24	32.207	20.458	4	0,0	
9	9,67	0,00	0,00	0,24	28.268	20.458	4	0,0	
10	9,71	0,00	0,00	0,24	24.470	20.458	4	0,0	
11	10,36	0,00	0,00	0,24	20.785	20.458	4	0,0	
12	10,88	0,00	0,00	0,24	17.187	20.458	4	0,0	
13	11,13	0,00	0,00	0,24	13.659	20.458	4	0,0	
14	11,33	0,00	0,00	0,24	10.183	20.458	4	0,0	
15	8,63	0,00	0,00	0,24	6.744	20.458	4	0,0	
16	6,83	0,00	0,00	0,24	3.330	20.458	4	0,0	
17	4,37	0,00	0,00	0,24	-0.073	20.458	4	0,0	
18	2,06	0,00	0,00	0,24	-3.475	20.458	4	0,0	
19	1,98	0,00	0,00	0,24	-6.890	20.458	4	0,0	
20	1,84	0,00	0,00	0,24	-10.330	20.458	4	0,0	
21	1,64	0,00	0,00	0,24	-13.808	20.458	4	0,0	
22	1,38	0,00	0,00	0,24	-17.339	20.458	4	0,0	
23	1,06	0,00	0,00	0,24	-20.940	20.458	4	0,0	
24	0,67	0,00	0,00	0,24	-24.630	20.458	4	0,0	
25	0,21	0,00	0,00	-3,55 - 0,24	-26.276	20.458	4	0,0	

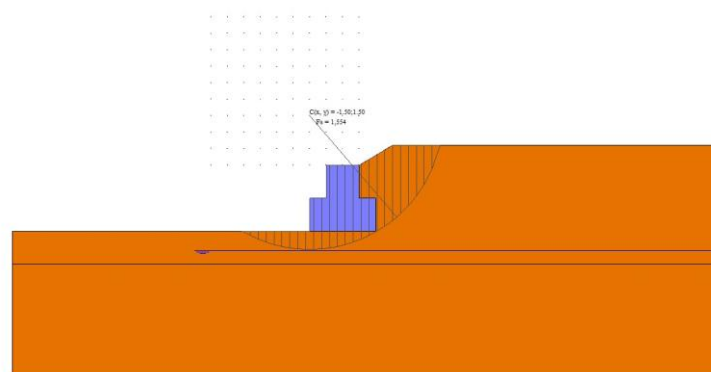


Fig. 25 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

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

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

M Momento, espresso in [kNm]. 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	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,89	2,03	0,26	0,36	0,01	0,01
3	-0,20	3,77	4,07	1,02	1,13	0,07	0,09
4	-0,30	5,66	6,10	1,94	2,13	0,22	0,25
5	-0,40	7,54	8,13	2,73	3,08	0,47	0,51
6	-0,50	9,43	10,17	3,46	3,97	0,78	0,86
7	-0,60	11,31	12,20	4,13	4,80	1,16	1,30
8	-0,70	13,20	14,24	4,73	5,55	1,60	1,82
9	-0,80	15,08	16,27	5,27	6,25	2,10	2,41
10	-0,90	16,97	18,30	5,75	6,88	2,65	3,06
11	-1,00	18,85	20,34	6,17	7,44	3,25	3,78
12	-1,00	28,11	29,60	6,62	8,16	-3,54	-2,80
13	-1,10	31,88	33,67	8,36	9,77	-2,78	-1,90
14	-1,20	35,65	37,73	9,65	11,20	-1,86	-0,85
15	-1,30	39,42	41,80	10,82	12,48	-0,81	0,33
16	-1,40	43,19	45,87	11,86	13,65	0,35	1,63
17	-1,50	46,96	49,93	12,89	14,81	1,59	3,06
18	-1,60	50,73	54,00	13,81	16,05	2,93	4,60
19	-1,70	54,50	58,07	14,80	17,35	4,35	6,26
20	-1,80	58,27	62,14	15,85	18,73	5,88	8,07
21	-1,90	62,04	66,20	16,97	20,18	7,52	10,01
22	-2,00	65,81	70,27	18,15	21,71	9,28	12,10

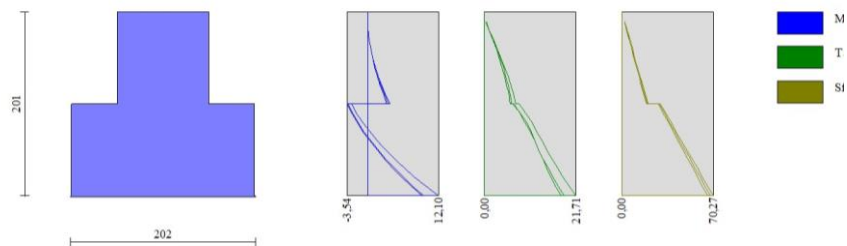


Fig. 26 - Paramento

Fondazione

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	-1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-1,50	0,00	0,00	0,31	0,33	0,00	0,00
3	0,50	0,00	0,00	0,02	0,14	0,00	0,00
4	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

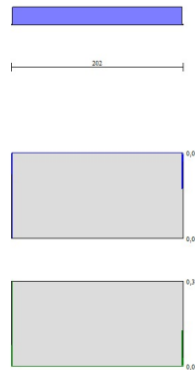


Fig. 27 - Fondazione

Verifiche strutturali

Paramento in pietra

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
As	area sezione reagente espresso in [cmq]
e	eccentricità espresso in [cm]
σ	tensione espressa in [kPa]
Rt	resistenza ai carichi orizzontali espressa in [kN]
Et	Azione orizzontale espressa in [kN]
FSsco	fattore di sicurezza allo scorrimento (Rt/Et)
Ms	momento stabilizzante espresso in [kNm]
Mr	momento ribaltante espresso in [kNm]
FSrib	fattore di sicurezza a ribaltamento (Ms/Mr)

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	0,97	2	1,8480	0,4295	4.303	0,9287	0,0180	51.559
3	-0,20	10000	2,67	4	3,6960	1,2245	3.018	1,8666	0,0988	18.896
4	-0,30	10000	4,74	7	6,2124	2,3769	2.614	2,8139	0,2631	10.697
5	-0,40	10000	6,94	11	8,2832	3,4025	2.434	3,7705	0,5076	7.429
6	-0,50	10000	9,30	15	10,3540	4,3691	2.370	5,3771	0,9633	5.582
7	-0,60	10000	11,63	19	12,4248	5,2769	2.355	6,5006	1,4456	4.497
8	-0,70	10000	13,91	24	14,4955	6,1258	2.366	7,6401	2,0156	3.790
9	-0,80	10000	16,10	29	16,5663	6,9157	2.395	8,7956	2,6675	3.297
10	-0,90	10000	18,22	35	18,6371	7,6467	2.437	9,9671	3,3954	2.935
11	-1,00	9720	20,25	40	20,7079	8,3189	2.489	11,1546	4,1934	2.660
12	-1,00	20000	-12,26	20	29,9701	9,3903	3.192	38,1831	4,8160	7.928
13	-1,10	20000	-8,49	21	34,1117	11,1981	3.046	43,2547	5,8458	7.399
14	-1,20	20000	-5,08	21	38,2533	12,8755	2.971	48,2578	7,0491	6.846
15	-1,30	20000	3,34	22	42,3949	14,4566	2.933	53,1937	8,4151	6.321

n°	Y	As	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
16	-1,40	20000	6,31	23	46,5364	15,9431	2.919	58,0634	9,9344	5.845
17	-1,50	20000	9,08	27	50,6780	17,4260	2.908	62,9305	11,6005	5.425
18	-1,60	20000	11,71	31	54,8196	18,9940	2.886	67,8572	13,4189	5.057
19	-1,70	20000	14,24	35	58,9612	20,6471	2.856	72,8434	15,3983	4.731
20	-1,80	20000	16,71	39	63,1028	22,3855	2.819	77,8893	17,5471	4.439
21	-1,90	20000	19,14	43	67,2444	24,2091	2.778	82,9948	19,8738	4.176
22	-2,00	20000	21,55	48	71,3860	26,1180	2.733	88,1599	22,3869	3.938

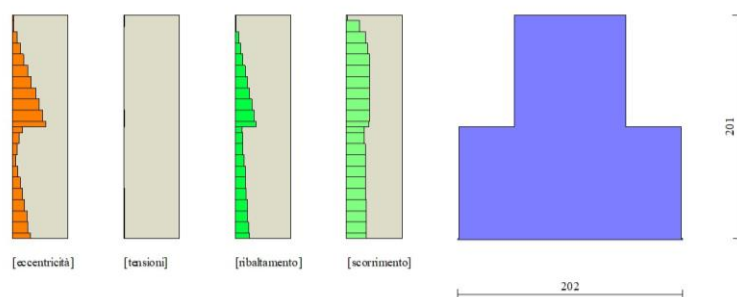


Fig. 28 - Verifiche paramento pietrame (Inviluppo)

I Progettisti

(ing. Giovanni Lascari)

(ing. Claudio Tascone)