

Regione Piemonte

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO



COMUNE DI BUSSOLENO

**MINIMIZZAZIONE DEL RISCHIO FRANE SUI VERSANTI
INTERESSATI DAGLI INCENDI DEL NOVEMBRE 2017,
CON REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE
IDRAULICA IN APICE CONOIDE DEL RIO ROCCIAMELONE**

CUP. B71J23000000001 – PROGETTO ESECUTIVO

il progettista

ing. Roberto Truffa Giachet

il responsabile del servizio

geom. Luca Vottero



allegato

0

oggetto

**CALCOLI STRUTTURALI:
SCOGLIERE**

rif. 251814

1	05/05/2025	PRIMA EMISSIONE	4		
2			5		
3			6		
EMISSIONE		NOTE	EMISSIONE		NOTE

data Maggio '25

Progetto: Scogliera dx sez. 115
Ditta: Comune di Bussoleno
Comune: Bussoleno (TO)
Progettista: ing. Roberto Truffa Giachet
Direttore dei Lavori: ing. Roberto Truffa Giachet
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

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

- Calcolo della spinta del terreno

- Verifica a ribaltamento

- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)

- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione 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 permanenti e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione 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 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 parete pari a

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

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

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

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente A vale

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

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

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

Deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza

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

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro 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

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

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

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con 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:

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

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- 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.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

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

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

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

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

Fattori di profondità

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

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

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

Fattori di inclinazione

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

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

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

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

Verifica alla stabilità globale

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

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

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e 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 e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

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

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

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	0,90	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,10	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Coefficienti parziali		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40

Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0,70$ $\Psi_1=0,50$ $\Psi_2=0,20$

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gravità in pietrame

Altezza del paramento	3,00 [m]
Spessore in sommità	1,20 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,50 [m]
Inclinazione paramento esterno	9,50 [°]
Inclinazione paramento interno	-2,90 [°]
Lunghezza del muro	25,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore estremità fondazione di valle	1,00 [m]
Spessore all'incastro fondazione di valle	1,00 [m]
Spessore all'incastro fondazione di monte	0,00 [m]
Spessore estremità fondazione di monte	0,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Pietrame

Peso specifico	2300,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	60,0 [kg/cm ²]
Angolo di attrito interno ϕ_p	60,00 [°]
Resistenza a taglio τ_p	1,0 [kg/cm ²]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5,00	0,00	0,00

Terreno a valle del muro

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

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Terreno 1	1800	2000	35.00	23.33	0,000	0,000
Terreno 2	1800	2000	35.00	23.33	0,000	0,000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
Ks Coefficiente di spinta
Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	3,60	0,00	3,60	0,00	Terreno 1
2	3,60	0,00	5,22	0,00	Terreno 2

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

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 [kg]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]

M Momento espresso in [kgm]

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 [kg/m]

Q_f Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]

D / C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=0,00$	$X_f=5,00$	$Q_i=500,00$	$Q_f=500,00$
---	---------	------------	------------	--------------	--------------

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 2 SLU (Caso A1-M1)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 3 SLU (Caso A2-M2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 4 SLU (Caso A2-M2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 5 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,10	1.00	1,10
Spinta terreno	1,10	1.00	1,10

Combinazione n° 6 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	0,90	1.00	0,90

Combinazione n° 7 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 8 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 9 SLU (Caso A1-M1)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	1,30	1.00	1,30
Condizione 1	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 10 SLU (Caso A2-M2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 11 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,10	1.00	1,10
Spinta terreno	1,10	1.00	1,10
Condizione 1	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 12 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 13 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 14 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 15 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 16 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 17 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 18 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 19 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 20 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 21 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 22 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 23 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 24 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 25 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 26 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 27 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 28 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 29 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 30 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 31 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 32 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 33 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 34 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 35 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 36 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 37 SLE (Quasi Permanente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 38 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 39 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 40 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 41 SLE (Quasi Permanente) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.20	0.20

Combinazione n° 42 SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 43 SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	0.50	0.50

Combinazione n° 44 SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 45 SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	1.00	1.00	1.00

Impostazioni di analisi

Impostazioni avanzate

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

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2,26	--	9,03	--
2	A1-M1 - [1]	--	2,72	--	10,07	--
3	A2-M2 - [1]	--	1,67	--	3,91	--
4	A2-M2 - [1]	--	1,67	--	3,91	--
5	EQU - [1]	--	--	3,60	--	--
6	EQU - [1]	--	--	4,30	--	--
7	STAB - [1]	--	--	--	--	1,50
8	STAB - [1]	--	--	--	--	1,50
9	A1-M1 - [2]	--	1,97	--	8,01	--
10	A2-M2 - [2]	--	1,43	--	3,21	--
11	EQU - [2]	--	--	2,87	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	1,40
13	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,01	--	8,63	--
14	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,00	--	8,94	--
15	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,01	--	8,63	--
16	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,00	--	8,94	--
17	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,29	--	2,79	--
18	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,29	--	2,89	--
19	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,29	--	2,79	--
20	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,29	--	2,89	--
21	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,93	--	--
22	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,77	--	--
23	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,93	--	--
24	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,77	--	--
25	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,38
26	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,38
27	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,38
28	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,38
29	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,97	--	8,40	--
30	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,96	--	8,70	--
31	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,26	--	2,70	--
32	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,26	--	2,79	--
33	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,70	--	--
34	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,84	--	--
35	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,37
36	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,36
37	SLEQ - [1]	--	2,65	--	10,01	--
38	SLEF - [1]	--	2,56	--	9,91	--
39	SLER - [1]	--	2,41	--	9,76	--
40	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,40	--	9,68	--
41	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,40	--	9,83	--
42	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,32	--	9,58	--
43	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,32	--	9,73	--
44	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,19	--	9,42	--
45	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,20	--	9,56	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

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

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	1.31 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 5.14$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.57$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.53 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.60
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.56$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.78$

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

Partecipazione spinta passiva (percento)	50,0
Lunghezza del muro	25,00 [m]

Peso muro	14144,56 [kg]
Baricentro del muro	X=-0,91 Y=-2,20

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,20	Y = -4,00
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]	
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	-2,90 [°]	

COMBINAZIONE n° 31

Valore della spinta statica	4231,65	[kg]
Componente orizzontale della spinta statica	4064,94	[kg]
Componente verticale della spinta statica	1176,05	[kg]

Punto d'applicazione della spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,65	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,54	[°]		

Incremento sismico della spinta	596,70	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,65	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,98	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	727,52	[kg]		
Inerzia verticale del muro	363,76	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5365,65	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15850,21	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15850,21	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5365,65	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12	[m]		
Risultante in fondazione	16733,78	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,70	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1885,84	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	42729,49	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,00	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,0758	[kg/cm ²]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5097	[kg/cm ²]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 28.42$	$N'_c = 20.88$
$N_q = 16.92$	$N'_q = 11.53$
$N_\gamma = 13.82$	$N'_\gamma = 1.95$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.26
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.70

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 31

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	120,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,15	121,73	412	-1	32	0,27	0,03	258	2	402,67	116,46
3	0,30	123,46	829	-3	77	0,40	0,07	538	10	179,67	53,18
4	0,44	125,19	1253	-5	134	0,38	0,10	840	26	109,52	32,85
5	0,59	126,91	1682	-4	204	0,22	0,13	1165	50	76,41	23,09
6	0,74	128,64	2117	2	287	0,08	0,17	1514	87	57,60	17,47
7	0,89	130,37	2558	13	382	0,51	0,20	1887	136	45,67	13,86
8	1,04	132,10	3005	32	491	1,07	0,24	2285	201	37,53	11,39
9	1,19	133,83	3457	61	612	1,77	0,28	2707	282	31,68	9,59
10	1,33	135,56	3916	102	745	2,59	0,32	3155	382	27,30	8,25
11	1,48	137,29	4380	155	891	3,54	0,37	3629	504	23,91	7,21
12	1,63	139,02	4850	224	1050	4,61	0,42	4129	647	21,23	6,38
13	1,78	140,74	5325	309	1222	5,80	0,47	4656	815	19,07	5,71
14	1,93	142,47	5807	413	1406	7,11	0,53	5211	1010	17,28	5,16
15	2,07	144,20	6294	537	1603	8,54	0,59	5793	1233	15,79	4,70
16	2,22	145,93	6788	684	1813	10,07	0,66	6404	1486	14,53	4,31
17	2,37	147,66	7287	854	2035	11,72	0,73	7043	1770	13,46	3,98
18	2,52	149,39	7791	1050	2271	13,48	0,80	7712	2089	12,52	3,69
19	2,67	151,12	8302	1274	2518	15,34	0,88	8411	2444	11,71	3,44
20	2,81	152,84	8818	1527	2779	17,31	0,97	9140	2836	11,00	3,22
21	2,96	154,57	9341	1811	3052	19,38	1,06	9900	3268	10,37	3,03
22	3,11	156,30	9869	2127	3338	21,56	1,15	10691	3741	9,80	2,86
23	3,26	158,03	10403	2479	3636	23,83	1,25	11514	4257	9,30	2,70
24	3,41	159,76	10942	2867	3948	26,20	1,36	12369	4819	8,85	2,57
25	3,56	161,49	11488	3293	4272	28,66	1,47	13257	5428	8,44	2,44
26	3,70	163,22	12039	3759	4609	31,22	1,59	14179	6085	8,07	2,33
27	3,85	164,95	12597	4267	4958	33,87	1,73	15134	6794	7,73	2,23
28	4,00	166,67	13160	4818	5315	36,61	1,88	16120	7555	7,42	2,13

COMBINAZIONE n° 32

Valore della spinta statica	4231,65	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4064,94	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1176,05	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,65	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,54	[°]		
Incremento sismico della spinta	380,55	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,65	[m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,85	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	727,52	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-363,76	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5158,03	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15062,61	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15062,61	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5158,03	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,13	[m]
Risultante in fondazione	15921,29	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,90	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1882,97	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	42000,60	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,0360	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4707	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 28.42	N' _c = 20.76
N _q = 16.92	N' _q = 11.46
N _γ = 13.82	N' _γ = 1.88

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.26
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.79

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 32

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	120,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,15	121,73	412	-1	32	0,28	0,03	258	2	408,86	117,93
3	0,30	123,46	829	-3	75	0,42	0,07	537	10	183,31	54,04
4	0,44	125,19	1253	-5	131	0,42	0,10	839	25	112,13	33,47
5	0,59	126,91	1682	-5	199	0,29	0,13	1164	49	78,44	23,58
6	0,74	128,64	2117	-1	279	0,02	0,16	1511	85	59,24	17,86
7	0,89	130,37	2558	9	371	0,37	0,20	1883	133	47,05	14,20
8	1,04	132,10	3005	27	476	0,89	0,24	2279	195	38,72	11,67
9	1,19	133,83	3457	53	592	1,54	0,28	2699	274	32,71	9,85
10	1,33	135,56	3916	90	721	2,31	0,32	3145	371	28,22	8,47
11	1,48	137,29	4380	140	862	3,19	0,36	3617	488	24,74	7,41
12	1,63	139,02	4850	204	1014	4,20	0,41	4114	627	21,98	6,56
13	1,78	140,74	5325	283	1179	5,32	0,46	4638	789	19,75	5,87
14	1,93	142,47	5807	380	1357	6,55	0,52	5189	977	17,92	5,31
15	2,07	144,20	6294	497	1546	7,89	0,58	5768	1192	16,38	4,84
16	2,22	145,93	6788	634	1747	9,34	0,64	6375	1436	15,08	4,44
17	2,37	147,66	7287	794	1961	10,90	0,71	7010	1710	13,97	4,10
18	2,52	149,39	7791	979	2187	12,56	0,78	7674	2018	13,00	3,80
19	2,67	151,12	8302	1189	2425	14,32	0,86	8368	2359	12,16	3,55
20	2,81	152,84	8818	1427	2675	16,18	0,94	9091	2737	11,43	3,32
21	2,96	154,57	9341	1695	2937	18,15	1,03	9845	3152	10,77	3,12
22	3,11	156,30	9869	1994	3211	20,20	1,12	10630	3607	10,19	2,95
23	3,26	158,03	10403	2326	3498	22,36	1,22	11446	4104	9,67	2,79
24	3,41	159,76	10942	2692	3796	24,60	1,32	12294	4644	9,20	2,65
25	3,56	161,49	11488	3095	4107	26,94	1,42	13175	5230	8,78	2,52
26	3,70	163,22	12039	3535	4431	29,37	1,54	14088	5862	8,39	2,40
27	3,85	164,95	12597	4016	4765	31,88	1,66	15034	6543	8,04	2,30
28	4,00	166,67	13160	4537	5107	34,48	1,80	16012	7274	7,73	2,20

COMBINAZIONE n° 33

Valore della spinta statica	4231,65	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4064,94	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1176,05	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,65	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,54	[°]		
Incremento sismico della spinta	380,55	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,13	[m]	Y = -2,65	[m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,85	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	0,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	727,52	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-363,76	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,00	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5158,03	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15062,61	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	7772,76	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	20947,86	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15062,61	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5158,03	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,13	[m]
Risultante in fondazione	15921,29	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,90	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1882,97	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.70
------------------------------------------	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 36

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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 [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,47 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 4,60

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,97

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,13

Larghezza della striscia dx[m]= 0,32

Coefficiente di sicurezza C= 1.36

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	526.82	79.18	517.46	1.73	29.26	0.000	0.000
2	1213.15	63.79	1088.45	0.73	29.26	0.000	0.000
3	1543.24	55.64	1273.98	0.57	29.26	0.000	0.000
4	1790.03	48.99	1350.70	0.49	29.26	0.000	0.000
5	1987.18	43.14	1358.92	0.44	29.26	0.000	0.000
6	2149.05	37.82	1317.85	0.41	29.26	0.000	0.000
7	2368.25	32.86	1285.14	0.39	29.26	0.000	0.000
8	2992.22	28.17	1412.69	0.37	29.26	0.000	0.000
9	3102.59	23.68	1246.02	0.35	29.26	0.000	0.000
10	3177.16	19.34	1051.98	0.34	29.26	0.000	0.000
11	2848.10	15.11	742.26	0.34	29.26	0.000	0.000
12	1524.99	10.96	289.95	0.33	29.26	0.000	0.000
13	1073.87	6.87	128.49	0.33	29.26	0.000	0.000
14	986.20	2.82	48.49	0.32	29.26	0.000	0.000
15	930.56	-1.22	-19.83	0.32	29.26	0.000	0.000
16	919.84	-5.27	-84.43	0.33	29.26	0.000	0.000
17	895.60	-9.34	-145.32	0.33	29.26	0.000	0.000
18	857.46	-13.46	-199.57	0.33	29.26	0.000	0.000
19	804.79	-17.65	-244.04	0.34	29.26	0.000	0.000
20	736.67	-21.95	-275.32	0.35	29.26	0.000	0.000
21	651.77	-26.37	-289.54	0.36	29.26	0.000	0.000
22	548.21	-30.98	-282.20	0.38	29.26	0.000	0.000
23	423.30	-35.83	-247.77	0.40	29.26	0.000	0.000
24	273.03	-40.99	-179.08	0.43	29.26	0.000	0.000
25	91.05	-46.60	-66.16	0.47	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 34415,15$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 11079,12$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 16397,14$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$ [kg]

Inviluppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

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

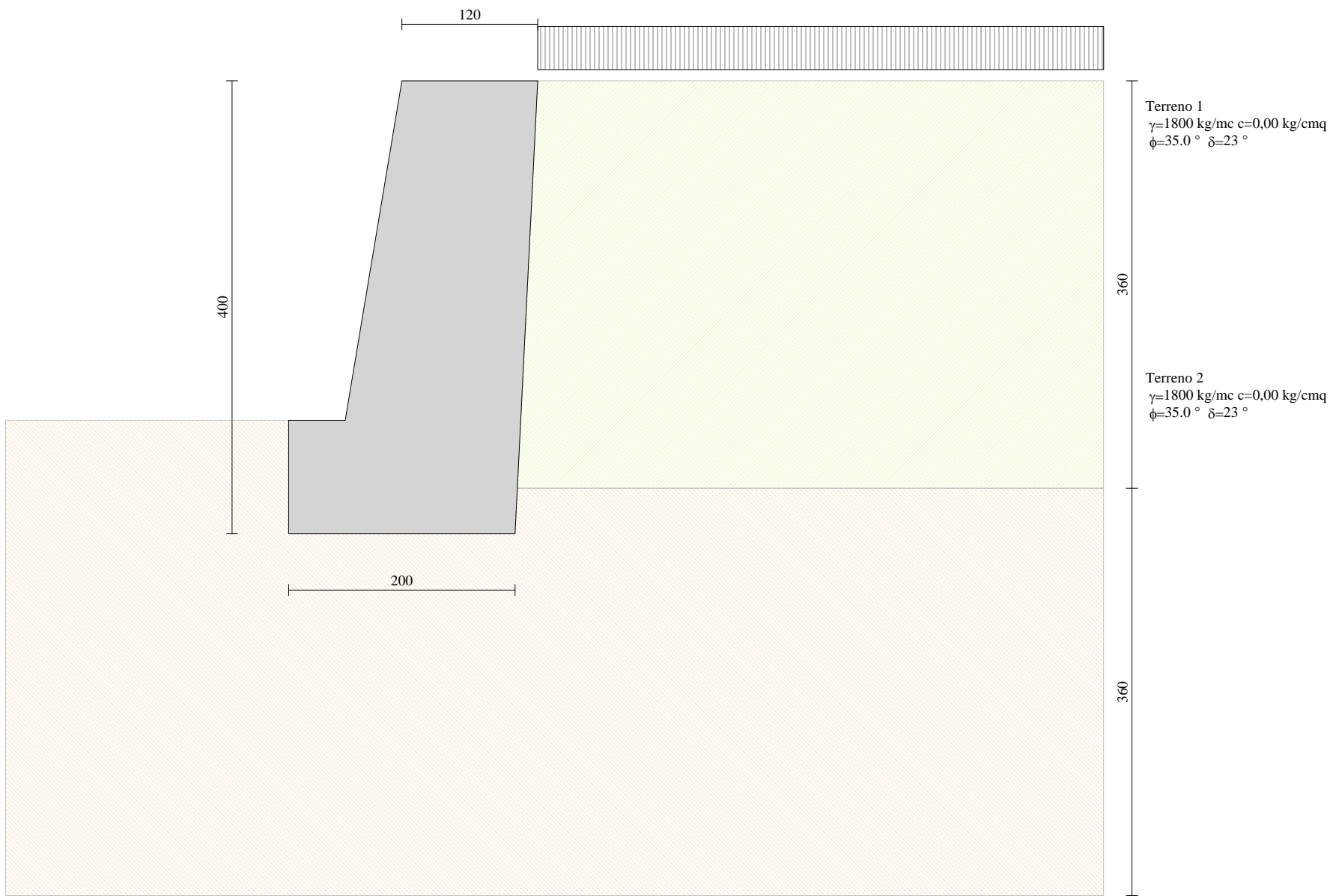
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

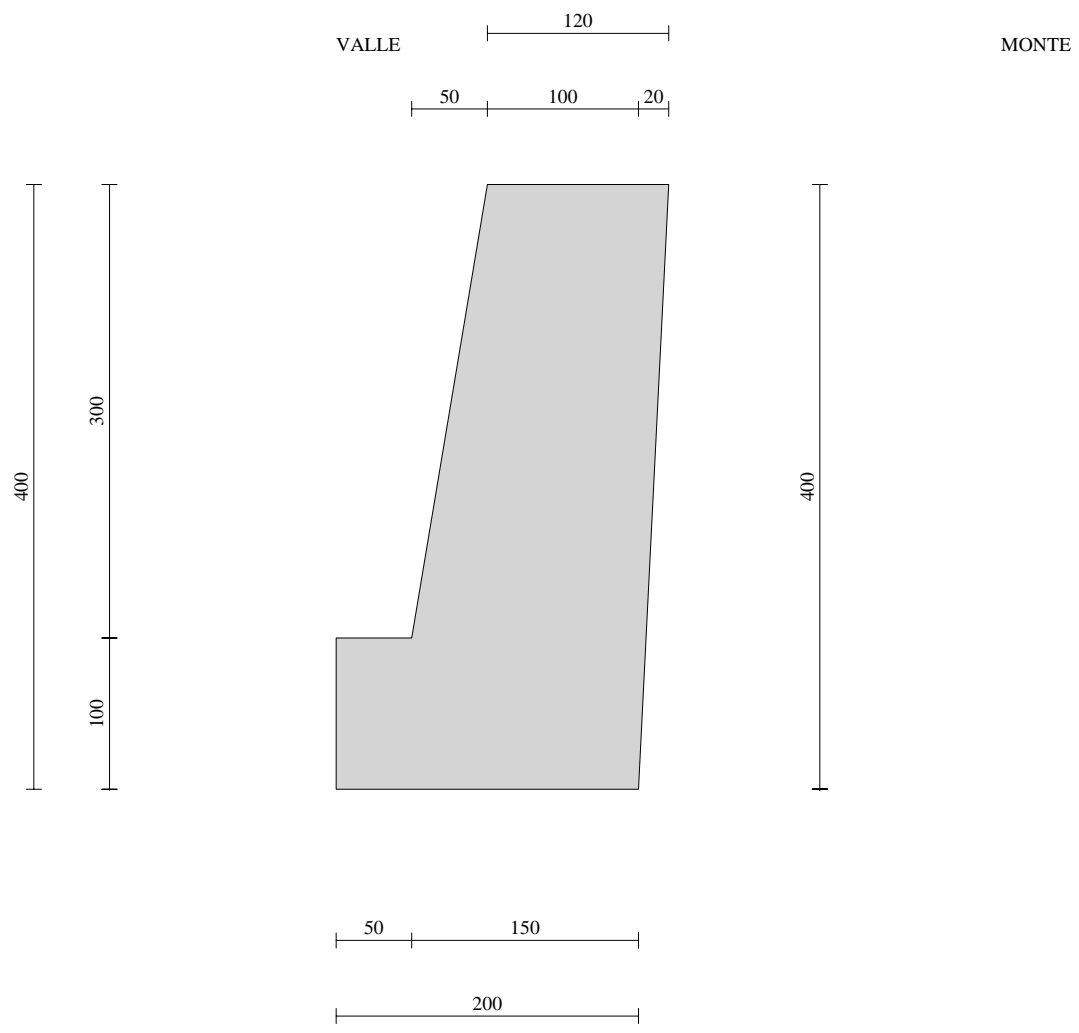
H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm ²]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

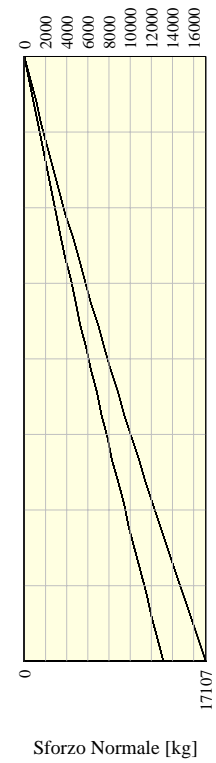
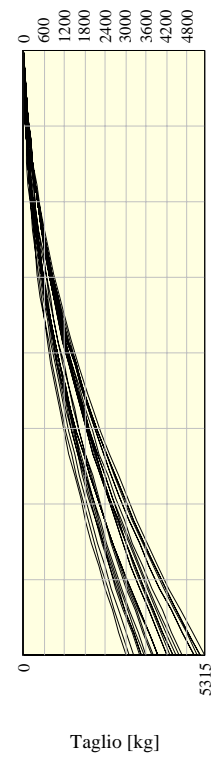
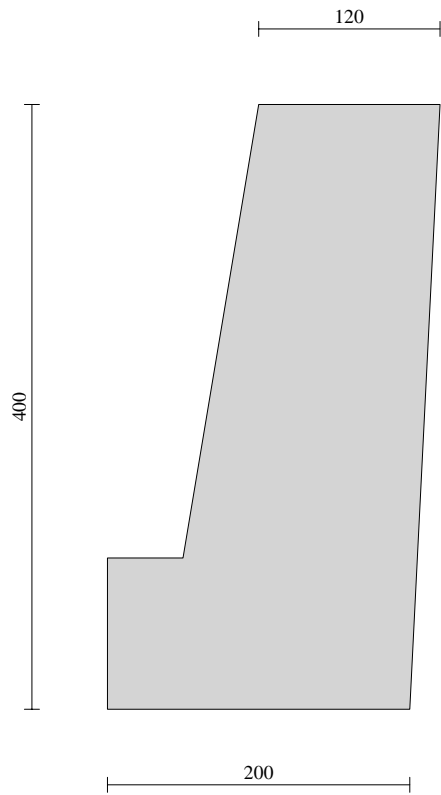
Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	120,00	0	0	0	0	0	0
2	0,15	121,73	412	535	-4	-1	4	36
3	0,30	123,46	829	1078	-16	-2	17	85
4	0,44	125,19	1253	1629	-34	-2	37	145
5	0,59	126,91	1682	2187	-57	1	67	218
6	0,74	128,64	2117	2752	-85	8	104	302
7	0,89	130,37	2558	3325	-116	22	150	398
8	1,04	132,10	3005	3906	-148	43	204	506
9	1,19	133,83	3457	4494	-182	75	266	626
10	1,33	135,56	3916	5090	-216	117	337	759
11	1,48	137,29	4380	5694	-248	173	416	903
12	1,63	139,02	4850	6304	-277	243	503	1059
13	1,78	140,74	5325	6923	-303	329	599	1227
14	1,93	142,47	5807	7549	-325	433	703	1406
15	2,07	144,20	6294	8183	-341	557	815	1603
16	2,22	145,93	6788	8824	-349	703	935	1813
17	2,37	147,66	7287	9472	-350	871	1064	2035
18	2,52	149,39	7791	10129	-342	1064	1201	2271
19	2,67	151,12	8302	10793	-324	1283	1347	2518
20	2,81	152,84	8818	11464	-294	1530	1501	2779
21	2,96	154,57	9341	12143	-252	1811	1663	3052
22	3,11	156,30	9869	12830	-196	2127	1833	3338
23	3,26	158,03	10403	13524	-126	2479	2012	3636
24	3,41	159,76	10942	14225	-40	2867	2199	3948
25	3,56	161,49	11488	14934	63	3293	2395	4272
26	3,70	163,22	12039	15651	184	3759	2599	4609
27	3,85	164,95	12597	16376	323	4267	2811	4958
28	4,00	166,67	13160	17107	483	4818	3028	5315

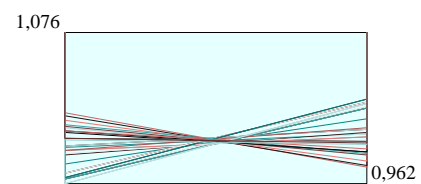
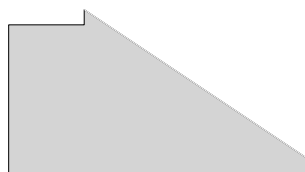
Nr.	Y	H	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	120,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,15	121,73	0,36	0,03	343	3	483,27	140,92
3	0,30	123,46	0,61	0,07	715	11	222,19	65,80
4	0,44	125,19	0,77	0,10	1115	28	138,47	41,37
5	0,59	126,91	0,83	0,13	1544	55	98,28	29,49
6	0,74	128,64	0,80	0,16	2004	93	75,10	22,57
7	0,89	130,37	0,68	0,19	2494	145	60,20	18,09
8	1,04	132,10	0,46	0,22	3015	212	49,93	14,98
9	1,19	133,83	0,16	0,26	3567	296	42,47	12,71
10	1,33	135,56	0,23	0,29	4152	398	36,84	11,00
11	1,48	137,29	0,71	0,33	4770	521	32,46	9,66
12	1,63	139,02	1,27	0,37	5422	666	28,96	8,59
13	1,78	140,74	1,91	0,41	6107	835	26,12	7,72

14	1,93	142,47	2,63	0,45	6827	1030	23,77	7,00
15	2,07	144,20	3,43	0,50	7582	1253	21,80	6,40
16	2,22	145,93	4,31	0,55	8374	1504	20,12	5,88
17	2,37	147,66	5,26	0,60	9201	1787	18,68	5,45
18	2,52	149,39	6,29	0,65	10066	2103	17,43	5,06
19	2,67	151,12	7,39	0,71	10968	2453	16,34	4,73
20	2,81	152,84	8,56	0,77	11908	2840	15,37	4,44
21	2,96	154,57	9,81	0,83	12887	3268	14,52	4,18
22	3,11	156,30	11,12	0,90	13905	3741	13,76	3,95
23	3,26	158,03	12,49	0,97	14963	4257	13,07	3,74
24	3,41	159,76	13,94	1,04	16062	4819	12,46	3,56
25	3,56	161,49	15,45	1,12	17202	5428	11,90	3,39
26	3,70	163,22	17,02	1,20	18384	6085	11,39	3,24
27	3,85	164,95	18,66	1,28	19608	6794	10,92	3,10
28	4,00	166,67	20,36	1,37	20872	7555	10,51	2,97

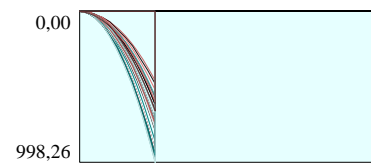




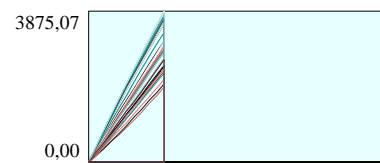




Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

C=1.50
R=4.60 m
X= -2.47 Y= 0.00



Terreno 1
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0.00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=35.0^\circ$ $\delta=23^\circ$

Terreno 2
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0.00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=35.0^\circ$ $\delta=23^\circ$

