

Regione Piemonte

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO



COMUNE DI BUSSOLENO

**SISTEMAZIONE IDRAULICA TRATTO TERMINALE RIO
ROCCIAMELONE, TRATTO VIA ROCCIAMELONE-ORRIDO
E SISTEMAZIONE PENDII PARTE APICALE DEL
CONOIDE INTERESSATI DAGLI INCENDI DEL 2017
CUP. B75B18015850001 – PROGETTO ESECUTIVO**

il progettista

ing. Roberto Truffa Giachet

il responsabile del servizio

geom. Luca Vottero



allegato

P

oggetto

**CALCOLI STRUTTURALI: SCOGLIERE
TRATTO 36-95 (INTERVENTO "E")**

rif. 211410

1	25/01/2022	PRIMA EMISSIONE	4	31/10/2024	REVISIONE
2	25/09/2024	INTEGRAZIONI	5	05/05/2025	PROGETTO ESECUTIVO
3	15/10/2024	INTEGRAZIONI	6		
EMISSIONE		NOTE	EMISSIONE		NOTE

data Maggio '25

Progetto: Scogliera sx sez. 40
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
$\gamma_{c'}$	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	$\gamma_{c'}$		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	$\gamma_{c'}$		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	3,20 [m]
Spessore in sommità	1,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,50 [m]
Inclinazione paramento esterno	14,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-9,40 [°]
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]	--	2,58	--	7,46	--
2	A1-M1 - [1]	--	3,14	--	7,97	--
3	A2-M2 - [1]	--	1,85	--	3,21	--
4	A2-M2 - [1]	--	1,85	--	3,21	--
5	EQU - [1]	--	--	4,29	--	--
6	EQU - [1]	--	--	5,19	--	--
7	STAB - [1]	--	--	--	--	1,42
8	STAB - [1]	--	--	--	--	1,42
9	A1-M1 - [2]	--	2,25	--	7,31	--
10	A2-M2 - [2]	--	1,59	--	3,13	--
11	EQU - [2]	--	--	3,42	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	1,34
13	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,20	--	7,42	--
14	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,19	--	7,79	--
15	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,20	--	7,42	--
16	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,19	--	7,79	--
17	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,38	--	2,92	--
18	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,38	--	3,07	--
19	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,38	--	2,92	--
20	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,38	--	3,07	--
21	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,33	--	--
22	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,11	--	--
23	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,33	--	--
24	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,11	--	--
25	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,32
26	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,31
27	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,32
28	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,31
29	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	2,16	--	7,40	--
30	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	2,14	--	7,76	--
31	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,36	--	2,91	--
32	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,35	--	3,05	--
33	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,03	--	--
34	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,24	--	--
35	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,30
36	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,30
37	SLEQ - [1]	--	3,06	--	7,96	--
38	SLEF - [1]	--	2,95	--	7,94	--
39	SLER - [1]	--	2,79	--	7,90	--
40	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,72	--	7,81	--
41	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,72	--	7,93	--
42	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,63	--	7,78	--
43	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,63	--	7,90	--
44	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,49	--	7,73	--
45	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,49	--	7,85	--

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	16086,82 [kg]
Baricentro del muro	X=-1,22 Y=-2,26

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,70	Y = -4,20
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	4,20 [m]	
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	-9,40 [°]	

COMBINAZIONE n° 31

Valore della spinta statica	3980,20	[kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3924,04	[kg]
Componente verticale della spinta statica	666,24	[kg]

Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]	Y = -2,78	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	52,02	[°]		
Incremento sismico della spinta	618,97	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,46	[m]	Y = -2,78	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,64	[°]		
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	827,42	[kg]		
Inerzia verticale del muro	413,71	[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	5361,70	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17270,38	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17270,38	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5361,70	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,04	[m]
Risultante in fondazione	18083,52	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,25	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-701,85	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	50246,04	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7574	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9674	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 28.42	N' _c = 21.74
N _q = 16.92	N' _q = 12.00
N _γ = 13.82	N' _γ = 2.53

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.36
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.91

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	140,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,16	141,35	523	-6	38	1,15	0,04	381	3	396,90	132,20
3	0,32	142,71	1050	-23	89	2,16	0,07	794	13	180,52	61,22
4	0,48	144,06	1582	-48	154	3,03	0,10	1238	32	111,56	38,23
5	0,65	145,41	2119	-80	232	3,78	0,12	1716	63	78,64	27,09
6	0,81	146,77	2661	-117	323	4,39	0,15	2227	108	59,74	20,63
7	0,97	148,12	3208	-156	427	4,87	0,17	2771	168	47,66	16,46
8	1,13	149,47	3759	-196	545	5,23	0,20	3349	247	39,36	13,58
9	1,29	150,83	4315	-235	676	5,46	0,22	3962	345	33,35	11,48
10	1,45	152,18	4877	-271	821	5,56	0,25	4610	466	28,83	9,89
11	1,62	153,53	5442	-302	979	5,54	0,28	5294	611	25,32	8,66
12	1,78	154,89	6013	-325	1150	5,40	0,31	6014	783	22,53	7,68
13	1,94	156,24	6589	-339	1335	5,15	0,34	6770	983	20,26	6,88
14	2,10	157,59	7169	-342	1532	4,77	0,37	7563	1215	18,39	6,23
15	2,26	158,95	7754	-332	1744	4,28	0,41	8393	1479	16,82	5,67
16	2,42	160,30	8344	-306	1968	3,67	0,45	9261	1779	15,49	5,21
17	2,58	161,65	8939	-264	2206	2,95	0,49	10168	2116	14,35	4,81
18	2,75	163,01	9539	-202	2457	2,12	0,54	11114	2492	13,36	4,46
19	2,91	164,36	10143	-119	2721	1,18	0,59	12099	2910	12,50	4,16
20	3,07	165,71	10753	-13	2999	0,12	0,65	13123	3372	11,73	3,89
21	3,23	167,07	11367	118	3290	1,03	0,71	14188	3880	11,06	3,66
22	3,39	168,42	11986	276	3595	2,30	0,77	15294	4436	10,46	3,45
23	3,55	169,77	12609	463	3912	3,67	0,84	16441	5042	9,92	3,26
24	3,72	171,13	13238	681	4243	5,14	0,91	17629	5701	9,44	3,09
25	3,88	172,48	13871	932	4588	6,72	0,99	18860	6414	9,00	2,94
26	4,04	173,83	14510	1218	4945	8,39	1,08	20133	7183	8,60	2,80
27	4,20	175,19	15153	1541	5314	10,17	1,17	21448	8012	8,24	2,68

COMBINAZIONE n° 32

Valore della spinta statica	3980,20	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	3924,04	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	666,24	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]	Y = -2,78	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	52,02	[°]		
Incremento sismico della spinta	415,85	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,46	[m]	Y = -2,78	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,52	[°]		

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	827,42	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-413,71	[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	5161,45	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	16408,95	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	16408,95	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5161,45	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,03	[m]
Risultante in fondazione	17201,58	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,46	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-553,25	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	50052,10	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7366	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9022	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 28.42$	$N'_c = 21.61$
$N_q = 16.92$	$N'_q = 11.93$
$N_\gamma = 13.82$	$N'_\gamma = 2.44$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.35
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.05

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/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	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	140,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,16	141,35	523	-6	37	1,15	0,04	381	3	402,06	133,62
3	0,32	142,71	1050	-23	88	2,18	0,07	793	13	183,71	62,09
4	0,48	144,06	1582	-49	151	3,07	0,10	1238	32	113,93	38,88
5	0,65	145,41	2119	-81	226	3,84	0,12	1714	62	80,52	27,62
6	0,81	146,77	2661	-119	315	4,48	0,15	2224	106	61,30	21,07
7	0,97	148,12	3208	-160	416	4,99	0,17	2768	164	48,99	16,83
8	1,13	149,47	3759	-203	530	5,39	0,20	3345	241	40,51	13,90
9	1,29	150,83	4315	-244	656	5,66	0,22	3957	336	34,37	11,77
10	1,45	152,18	4877	-284	796	5,82	0,25	4603	453	29,74	10,15
11	1,62	153,53	5442	-319	948	5,86	0,27	5285	594	26,14	8,90
12	1,78	154,89	6013	-348	1113	5,78	0,30	6003	760	23,28	7,90
13	1,94	156,24	6589	-368	1291	5,59	0,33	6756	954	20,95	7,08
14	2,10	157,59	7169	-379	1481	5,28	0,36	7547	1178	19,03	6,41
15	2,26	158,95	7754	-378	1684	4,87	0,40	8375	1433	17,41	5,84
16	2,42	160,30	8344	-362	1900	4,34	0,44	9240	1723	16,04	5,36
17	2,58	161,65	8939	-332	2129	3,71	0,48	10143	2048	14,87	4,95
18	2,75	163,01	9539	-283	2370	2,97	0,52	11085	2411	13,85	4,60
19	2,91	164,36	10143	-215	2624	2,12	0,57	12066	2814	12,96	4,29
20	3,07	165,71	10753	-126	2891	1,17	0,62	13087	3260	12,17	4,01
21	3,23	167,07	11367	-13	3171	0,12	0,68	14147	3749	11,48	3,77
22	3,39	168,42	11986	125	3463	1,04	0,74	15248	4285	10,86	3,56
23	3,55	169,77	12609	289	3768	2,29	0,80	16389	4869	10,30	3,37
24	3,72	171,13	13238	483	4086	3,65	0,87	17572	5503	9,80	3,19
25	3,88	172,48	13871	708	4417	5,10	0,95	18797	6189	9,35	3,04
26	4,04	173,83	14510	965	4760	6,65	1,03	20064	6930	8,93	2,90
27	4,20	175,19	15153	1257	5113	8,29	1,11	21373	7728	8,56	2,77

COMBINAZIONE n° 33

Valore della spinta statica	3980,20	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	3924,04	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	666,24	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]	Y = -2,78	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	52,02	[°]		
Incremento sismico della spinta	415,85	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,46	[m]	Y = -2,78	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,52	[°]		

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	827,42	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-413,71	[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	5161,45	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	16408,95	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	8367,19	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	25350,26	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	16408,95	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5161,45	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,03	[m]
Risultante in fondazione	17201,58	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,46	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-553,25	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.03
--	------

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]= -2,87 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 4,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1,86

Larghezza della striscia dx[m]= 0,33

Coefficiente di sicurezza C= 1.30

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	546.55	79.25	536.96	1.76	29.26	0.000	0.000
2	1259.72	63.96	1131.84	0.75	29.26	0.000	0.000
3	1603.07	55.86	1326.85	0.59	29.26	0.000	0.000
4	1860.05	49.25	1409.20	0.50	29.26	0.000	0.000
5	2065.60	43.45	1420.66	0.45	29.26	0.000	0.000
6	2243.77	38.17	1386.71	0.42	29.26	0.000	0.000
7	2622.90	33.25	1438.23	0.39	29.26	0.000	0.000
8	3057.35	28.60	1463.48	0.37	29.26	0.000	0.000
9	3247.42	24.14	1328.32	0.36	29.26	0.000	0.000
10	3320.89	19.84	1127.15	0.35	29.26	0.000	0.000
11	2785.06	15.65	751.40	0.34	29.26	0.000	0.000
12	1832.95	11.55	366.93	0.34	29.26	0.000	0.000
13	1097.48	7.50	143.31	0.33	29.26	0.000	0.000
14	1038.65	3.50	63.34	0.33	29.26	0.000	0.000
15	905.69	-0.49	-7.81	0.33	29.26	0.000	0.000
16	897.20	-4.49	-70.18	0.33	29.26	0.000	0.000
17	874.97	-8.50	-129.35	0.33	29.26	0.000	0.000
18	838.68	-12.56	-182.36	0.34	29.26	0.000	0.000
19	787.74	-16.68	-226.12	0.34	29.26	0.000	0.000
20	721.30	-20.90	-257.26	0.35	29.26	0.000	0.000
21	638.13	-25.23	-272.03	0.36	29.26	0.000	0.000
22	536.50	-29.73	-266.07	0.38	29.26	0.000	0.000
23	413.95	-34.44	-234.13	0.40	29.26	0.000	0.000
24	266.87	-39.44	-169.54	0.43	29.26	0.000	0.000
25	89.72	-44.83	-63.26	0.46	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 35552,22$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 12016,27$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 16898,00$ [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

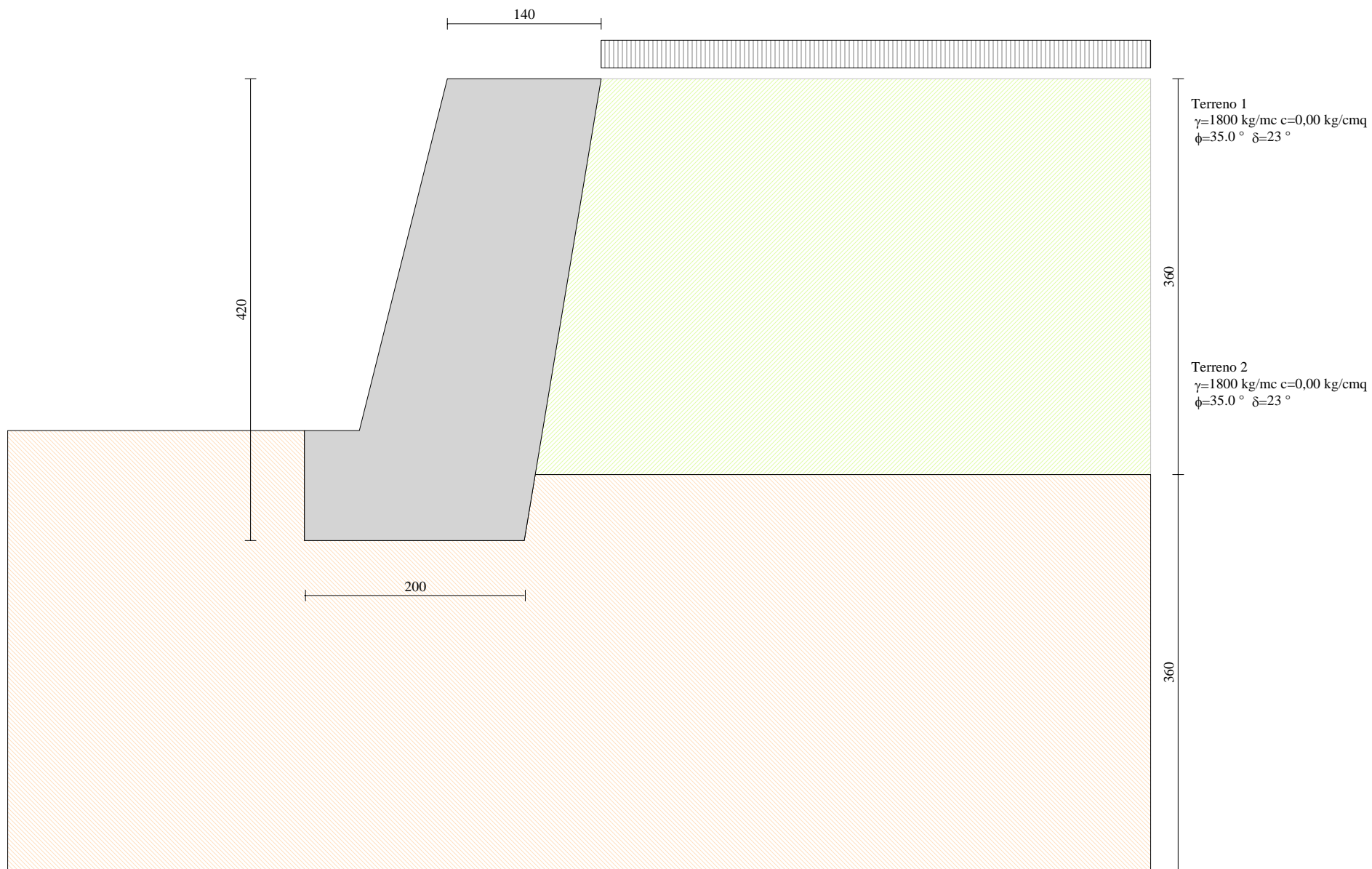
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

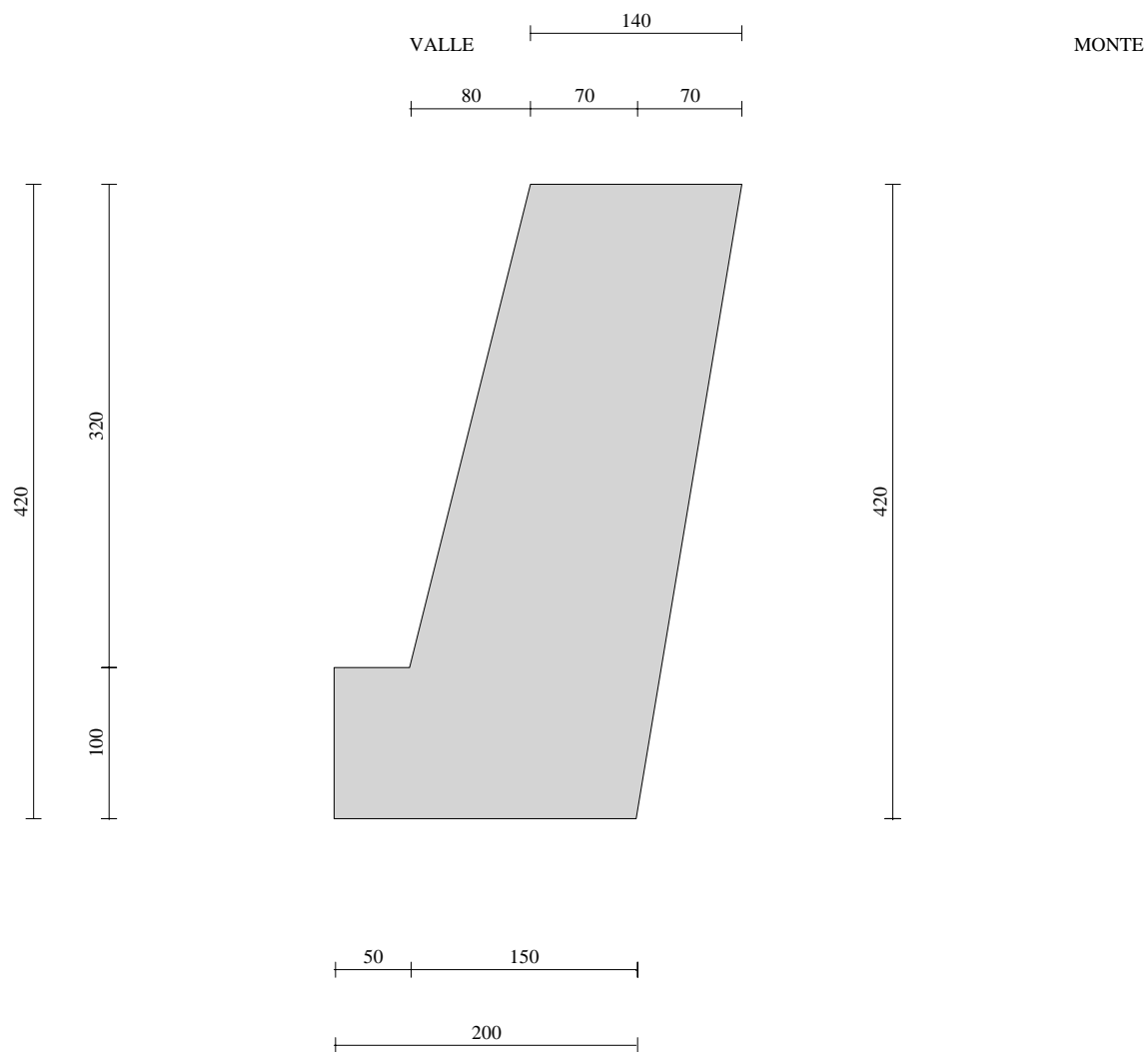
H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza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

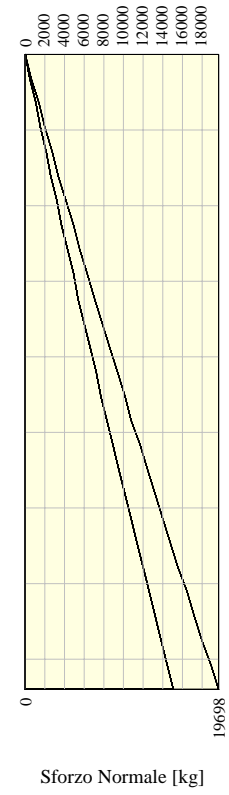
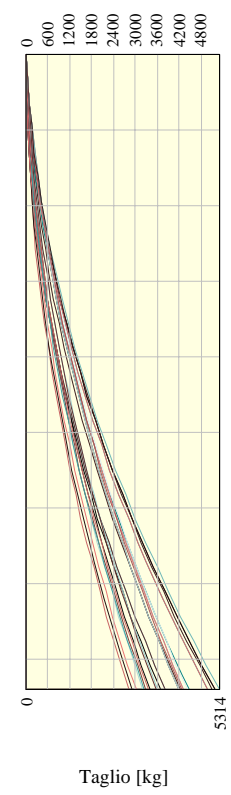
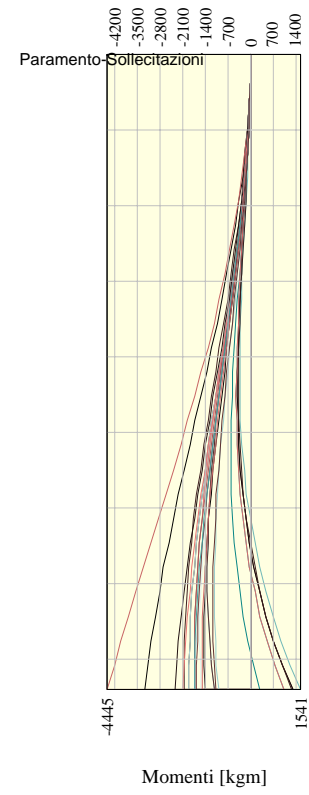
Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	140,00	0	0	0	0	0	0
2	0,16	141,35	523	679	-11	-6	4	43
3	0,32	142,71	1050	1365	-45	-23	17	97
4	0,48	144,06	1582	2057	-98	-48	38	160
5	0,65	145,41	2119	2755	-172	-80	67	234
6	0,81	146,77	2661	3459	-264	-117	105	323
7	0,97	148,12	3208	4170	-373	-156	151	427
8	1,13	149,47	3759	4887	-499	-196	205	545
9	1,29	150,83	4315	5610	-639	-235	268	676
10	1,45	152,18	4877	6339	-794	-271	340	821
11	1,62	153,53	5442	7075	-961	-302	419	979
12	1,78	154,89	6013	7817	-1140	-325	507	1150
13	1,94	156,24	6589	8565	-1329	-339	604	1335
14	2,10	157,59	7169	9320	-1528	-342	709	1532
15	2,26	158,95	7754	10081	-1735	-332	822	1744
16	2,42	160,30	8344	10848	-1949	-306	943	1968
17	2,58	161,65	8939	11621	-2169	-264	1073	2206
18	2,75	163,01	9539	12401	-2393	-202	1212	2457
19	2,91	164,36	10143	13186	-2622	-119	1358	2721
20	3,07	165,71	10753	13978	-2853	-13	1514	2999
21	3,23	167,07	11367	14777	-3085	118	1677	3290
22	3,39	168,42	11986	15581	-3318	276	1849	3595
23	3,55	169,77	12609	16392	-3549	463	2029	3912
24	3,72	171,13	13238	17209	-3779	681	2218	4243
25	3,88	172,48	13871	18033	-4005	932	2415	4588
26	4,04	173,83	14510	18863	-4228	1218	2620	4945
27	4,20	175,19	15153	19698	-4445	1541	2832	5314

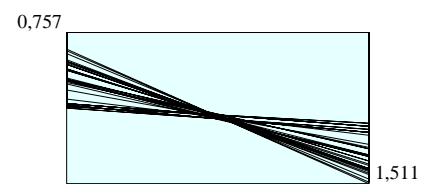
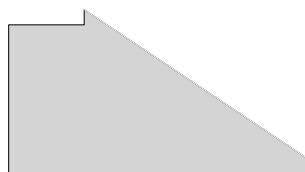
Nr.	Y	H	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	140,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,16	141,35	1,30	0,03	501	3	550,40	184,32
3	0,32	142,71	2,51	0,07	1044	15	253,58	86,20
4	0,48	144,06	3,62	0,09	1628	35	158,25	54,25
5	0,65	145,41	4,65	0,12	2255	67	112,42	38,70
6	0,81	146,77	5,59	0,14	2924	111	85,94	29,63
7	0,97	148,12	6,45	0,16	3638	170	68,91	23,75
8	1,13	149,47	7,22	0,18	4395	247	57,15	19,67
9	1,29	150,83	7,91	0,20	5198	345	48,60	16,69
10	1,45	152,18	8,51	0,21	6046	466	42,14	14,43
11	1,62	153,53	9,03	0,23	6939	611	37,11	12,66
12	1,78	154,89	9,47	0,25	7880	783	33,10	11,26
13	1,94	156,24	9,83	0,26	8867	983	29,83	10,11
14	2,10	157,59	10,11	0,28	9903	1215	27,12	9,16

15	2,26	158,95	10,32	0,30	10987	1479	24,85	8,36
16	2,42	160,30	10,45	0,32	12120	1779	22,92	7,69
17	2,58	161,65	10,50	0,34	13302	2116	21,26	7,10
18	2,75	163,01	10,48	0,36	14535	2492	19,82	6,60
19	2,91	164,36	10,38	0,38	15818	2910	18,56	6,16
20	3,07	165,71	10,21	0,41	17153	3372	17,45	5,77
21	3,23	167,07	9,97	0,44	18540	3880	16,46	5,43
22	3,39	168,42	9,66	0,47	19979	4436	15,58	5,12
23	3,55	169,77	9,28	0,50	21472	5042	14,79	4,85
24	3,72	171,13	8,83	0,53	23018	5701	14,08	4,60
25	3,88	172,48	8,32	0,57	24619	6414	13,43	4,38
26	4,04	173,83	7,73	0,61	26275	7183	12,84	4,18
27	4,20	175,19	7,08	0,66	27985	8012	12,31	3,99

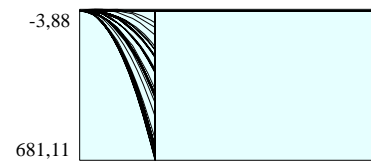




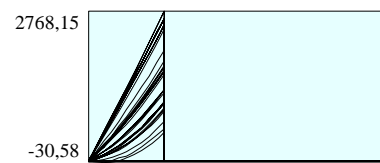




Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

C=1.42
R=4.73 m
X= -2.87 Y= 0.00

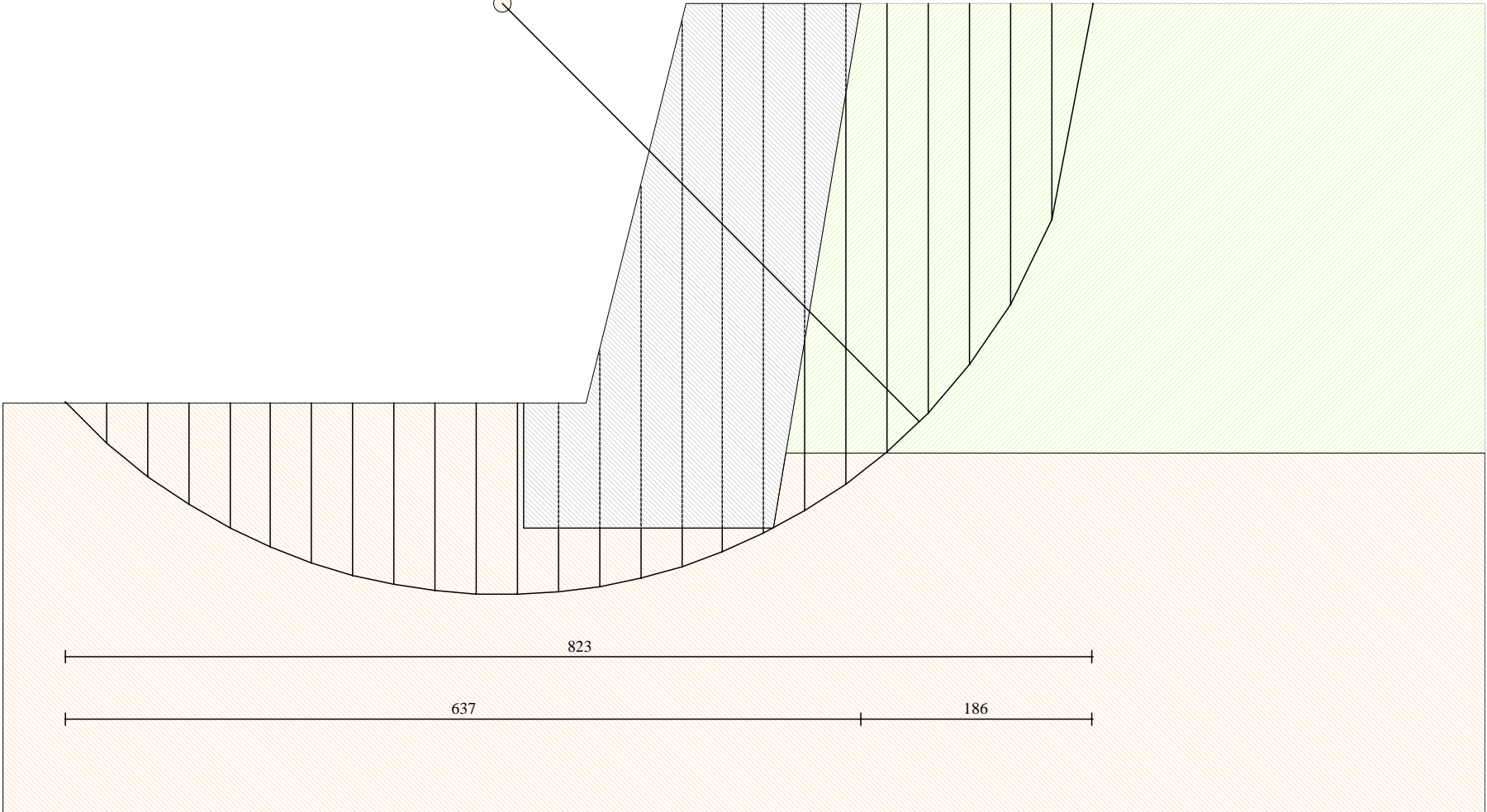


Terreno 1

$\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=35.0^\circ$ $\delta=23^\circ$

Terreno 2

$\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=35.0^\circ$ $\delta=23^\circ$



Progetto: Scogliera sx sez. 55
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

Eseguito 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:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
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:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
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:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
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:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
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

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
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	3,60 [m]
Spessore in sommità	1,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,50 [m]
Inclinazione paramento esterno	14,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-9,80 [°]
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]	--	2,33	--	6,53	--
2	A1-M1 - [1]	--	2,85	--	6,94	--
3	A2-M2 - [1]	--	1,68	--	2,81	--
4	A2-M2 - [1]	--	1,68	--	2,81	--
5	EQU - [1]	--	--	3,73	--	--
6	EQU - [1]	--	--	4,50	--	--
7	STAB - [1]	--	--	--	--	1,34
8	STAB - [1]	--	--	--	--	1,34
9	A1-M1 - [2]	--	2,06	--	6,44	--
10	A2-M2 - [2]	--	1,46	--	2,77	--
11	EQU - [2]	--	--	3,02	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	1,28
13	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,03	--	6,55	--
14	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,02	--	6,87	--
15	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,03	--	6,55	--
16	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,02	--	6,87	--
17	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,27	--	2,59	--
18	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,26	--	2,71	--
19	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,27	--	2,59	--
20	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,26	--	2,71	--
21	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,94	--	--
22	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,77	--	--
23	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,94	--	--
24	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,77	--	--
25	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,25
26	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,24
27	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,25
28	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,24
29	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,99	--	6,53	--
30	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,98	--	6,85	--
31	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,24	--	2,58	--
32	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,24	--	2,70	--
33	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,70	--	--
34	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,86	--	--
35	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,24
36	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,23
37	SLEQ - [1]	--	2,79	--	6,94	--
38	SLEF - [1]	--	2,69	--	6,94	--
39	SLER - [1]	--	2,55	--	6,93	--
40	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,48	--	6,84	--
41	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,49	--	6,95	--
42	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,41	--	6,83	--
43	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,41	--	6,94	--
44	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,29	--	6,81	--
45	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,29	--	6,91	--

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	17539,21 [kg]
Baricentro del muro	X=-1,27 Y=-2,47

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,79	Y = -4,60
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	4,60 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	-9,80 [°]	

COMBINAZIONE n° 31

Valore della spinta statica	4715,52	[kg]
Componente orizzontale della spinta statica	4654,38	[kg]
Componente verticale della spinta statica	756,85	[kg]

Punto d'applicazione della spinta	X = -0,53	[m]	Y = -3,05	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,86	[°]		
Incremento sismico della spinta	738,13	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,53	[m]	Y = -3,05	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,49	[°]		
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	902,13	[kg]		
Inerzia verticale del muro	451,06	[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	6285,07	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	18865,59	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	18865,59	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6285,07	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,01	[m]
Risultante in fondazione	19884,99	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,43	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-251,37	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	48637,30	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,9043	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9794	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 28.42	N' _c = 21.04
N _q = 16.92	N' _q = 11.61
N _γ = 13.82	N' _γ = 2.06

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.24
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.58

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/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	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	140,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,18	141,36	572	-7	42	1,28	0,04	418	3	359,43	119,88
3	0,35	142,71	1150	-28	100	2,41	0,07	874	16	162,60	55,21
4	0,53	144,07	1733	-58	174	3,37	0,10	1367	40	100,16	34,33
5	0,71	145,42	2321	-97	263	4,17	0,13	1899	78	70,47	24,26
6	0,88	146,78	2914	-140	369	4,82	0,16	2469	134	53,48	18,43
7	1,06	148,13	3513	-187	490	5,31	0,19	3079	210	42,64	14,68
8	1,24	149,49	4117	-233	627	5,65	0,21	3729	308	35,20	12,09
9	1,42	150,84	4726	-276	780	5,84	0,24	4419	433	29,83	10,22
10	1,59	152,20	5341	-314	949	5,89	0,27	5151	585	25,79	8,80
11	1,77	153,55	5961	-345	1134	5,79	0,30	5924	769	22,65	7,70
12	1,95	154,91	6586	-365	1334	5,54	0,33	6740	987	20,16	6,83
13	2,12	156,26	7216	-372	1550	5,15	0,37	7599	1242	18,14	6,12
14	2,30	157,62	7852	-363	1782	4,63	0,41	8500	1537	16,47	5,53
15	2,48	158,97	8493	-336	2030	3,96	0,45	9446	1874	15,07	5,04
16	2,65	160,33	9139	-289	2294	3,16	0,50	10437	2256	13,89	4,63
17	2,83	161,68	9791	-218	2574	2,22	0,56	11473	2687	12,87	4,27
18	3,01	163,04	10447	-121	2869	1,15	0,61	12554	3168	11,99	3,96
19	3,18	164,39	11109	5	3181	0,05	0,68	13682	3703	11,22	3,69
20	3,36	165,75	11777	162	3508	1,38	0,75	14856	4294	10,54	3,46
21	3,54	167,10	12449	353	3851	2,83	0,82	16078	4945	9,94	3,25
22	3,72	168,46	13127	580	4210	4,42	0,90	17349	5658	9,40	3,07
23	3,89	169,81	13810	846	4585	6,13	0,99	18667	6436	8,92	2,90
24	4,07	171,17	14499	1154	4975	7,96	1,08	20035	7281	8,49	2,75
25	4,25	172,52	15193	1506	5381	9,91	1,18	21452	8197	8,10	2,62
26	4,42	173,88	15892	1905	5803	11,99	1,29	22920	9186	7,74	2,50
27	4,60	175,24	16596	2353	6237	14,18	1,41	24436	10251	7,42	2,38

COMBINAZIONE n° 32

Valore della spinta statica	4715,52	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4654,38	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	756,85	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,53	[m]	Y = -3,05	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,86	[°]		
Incremento sismico della spinta	497,50	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,53	[m]	Y = -3,05	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,36	[°]		

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	902,13	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-451,06	[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	6047,56	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17924,84	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17924,84	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6047,56	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,01	[m]
Risultante in fondazione	18917,53	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,64	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-98,64	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	48474,59	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,8801	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9096	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 28.42	N' _c = 20.91
N _q = 16.92	N' _q = 11.54
N _γ = 13.82	N' _γ = 1.97

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.24
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.70

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/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	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	140,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,18	141,36	572	-7	42	1,29	0,04	418	3	364,26	121,20
3	0,35	142,71	1150	-28	98	2,43	0,07	873	16	165,58	56,02
4	0,53	144,07	1733	-59	170	3,41	0,10	1366	39	102,36	34,94
5	0,71	145,42	2321	-98	257	4,24	0,13	1897	77	72,21	24,75
6	0,88	146,78	2914	-143	359	4,92	0,16	2466	131	54,92	18,84
7	1,06	148,13	3513	-192	476	5,45	0,18	3075	205	43,86	15,03
8	1,24	149,49	4117	-241	609	5,84	0,21	3724	300	36,26	12,39
9	1,42	150,84	4726	-288	756	6,09	0,24	4413	421	30,76	10,48
10	1,59	152,20	5341	-331	919	6,19	0,27	5143	569	26,62	9,04
11	1,77	153,55	5961	-367	1097	6,16	0,29	5914	747	23,41	7,92
12	1,95	154,91	6586	-394	1290	5,98	0,33	6727	958	20,85	7,02
13	2,12	156,26	7216	-410	1498	5,68	0,36	7583	1205	18,77	6,30
14	2,30	157,62	7852	-411	1722	5,23	0,40	8482	1489	17,05	5,70
15	2,48	158,97	8493	-396	1960	4,66	0,44	9425	1815	15,62	5,19
16	2,65	160,33	9139	-361	2214	3,95	0,49	10412	2184	14,39	4,77
17	2,83	161,68	9791	-305	2483	3,12	0,54	11444	2599	13,34	4,40
18	3,01	163,04	10447	-226	2766	2,16	0,59	12521	3063	12,43	4,09
19	3,18	164,39	11109	-119	3065	1,07	0,65	13644	3579	11,64	3,81
20	3,36	165,75	11777	16	3380	0,14	0,71	14814	4149	10,94	3,57
21	3,54	167,10	12449	183	3709	1,47	0,78	16031	4775	10,32	3,36
22	3,72	168,46	13127	384	4054	2,93	0,86	17295	5462	9,76	3,17
23	3,89	169,81	13810	621	4414	4,50	0,94	18607	6211	9,27	3,00
24	4,07	171,17	14499	898	4788	6,19	1,03	19969	7025	8,82	2,84
25	4,25	172,52	15193	1215	5178	8,00	1,13	21379	7906	8,41	2,70
26	4,42	173,88	15892	1577	5583	9,92	1,23	22839	8858	8,04	2,58
27	4,60	175,24	16596	1984	5999	11,96	1,33	24348	9882	7,71	2,46

COMBINAZIONE n° 33

Valore della spinta statica	4715,52	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4654,38	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	756,85	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,53	[m]	Y = -3,05	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51,86	[°]		
Incremento sismico della spinta	497,50	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,53	[m]	Y = -3,05	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,36	[°]		

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	902,13	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-451,06	[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	6047,56	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17924,84	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	10601,33	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	28651,91	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17924,84	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6047,56	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,01	[m]
Risultante in fondazione	18917,53	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,64	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-98,64	[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]= -3,13 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 5,16

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,84

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,03

Larghezza della striscia dx[m]= 0,35

Coefficiente di sicurezza C= 1.23

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	635.83	79.31	624.80	1.91	29.26	0.000	0.000
2	1469.60	64.11	1322.14	0.81	29.26	0.000	0.000
3	1871.39	56.07	1552.65	0.64	29.26	0.000	0.000
4	2172.38	49.50	1651.90	0.55	29.26	0.000	0.000
5	2413.42	43.74	1668.56	0.49	29.26	0.000	0.000
6	2616.51	38.49	1628.59	0.45	29.26	0.000	0.000
7	3027.42	33.61	1675.79	0.43	29.26	0.000	0.000
8	3529.47	28.99	1710.67	0.41	29.26	0.000	0.000
9	3810.42	24.57	1584.54	0.39	29.26	0.000	0.000
10	3837.89	20.31	1331.83	0.38	29.26	0.000	0.000
11	3006.11	16.15	836.33	0.37	29.26	0.000	0.000
12	1902.09	12.09	398.30	0.36	29.26	0.000	0.000
13	1160.17	8.08	163.12	0.36	29.26	0.000	0.000
14	1092.28	4.12	78.42	0.36	29.26	0.000	0.000
15	994.06	0.17	2.98	0.35	29.26	0.000	0.000
16	986.93	-3.77	-64.94	0.36	29.26	0.000	0.000
17	964.08	-7.74	-129.77	0.36	29.26	0.000	0.000
18	925.15	-11.74	-188.18	0.36	29.26	0.000	0.000
19	869.57	-15.80	-236.71	0.37	29.26	0.000	0.000
20	796.43	-19.94	-271.61	0.38	29.26	0.000	0.000
21	704.43	-24.20	-288.71	0.39	29.26	0.000	0.000
22	591.77	-28.60	-283.27	0.40	29.26	0.000	0.000
23	455.89	-33.20	-249.62	0.42	29.26	0.000	0.000
24	293.08	-38.06	-180.66	0.45	29.26	0.000	0.000
25	97.79	-43.26	-67.02	0.49	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 40224,17$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 14270,10$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 19009,96$ [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

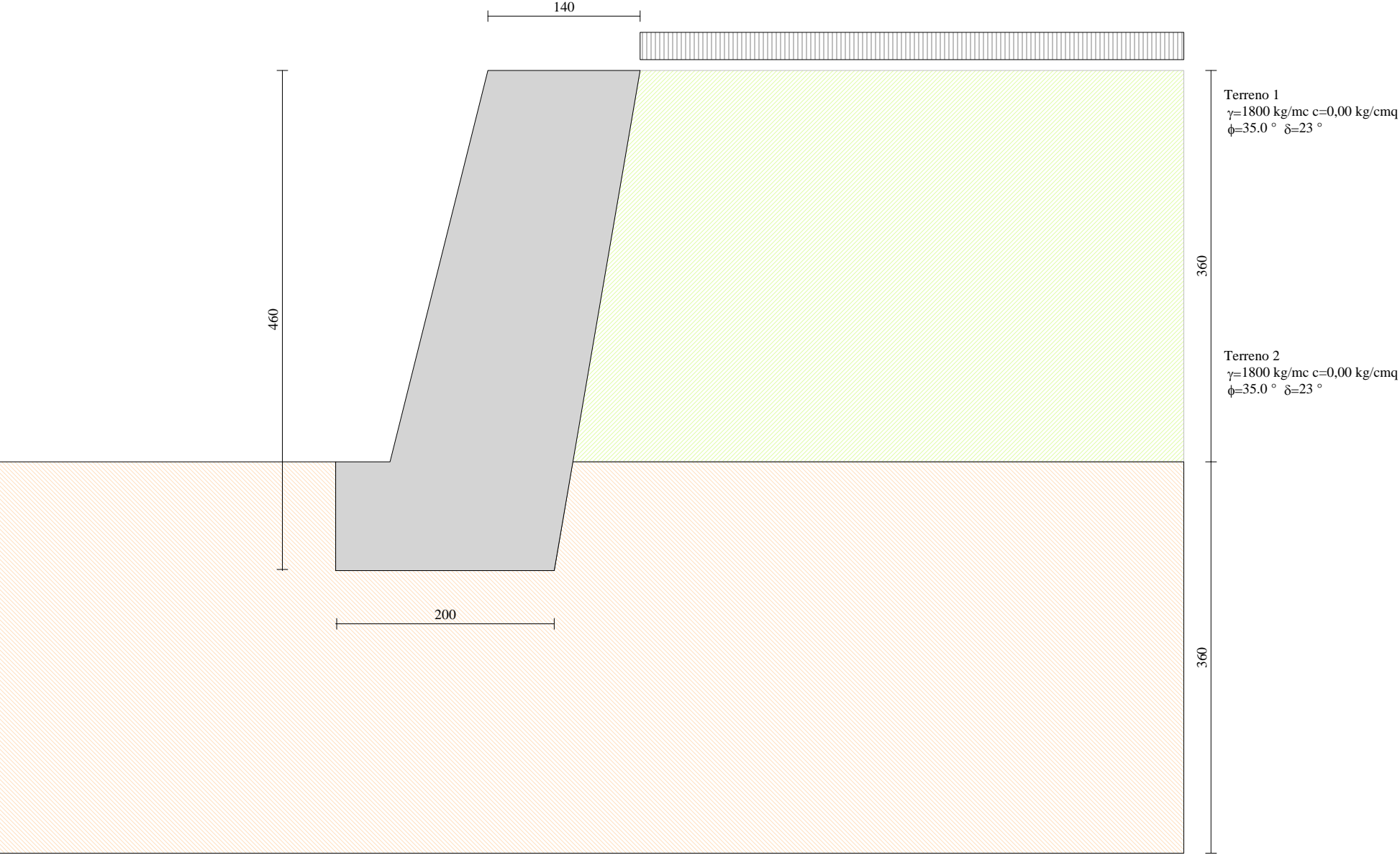
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

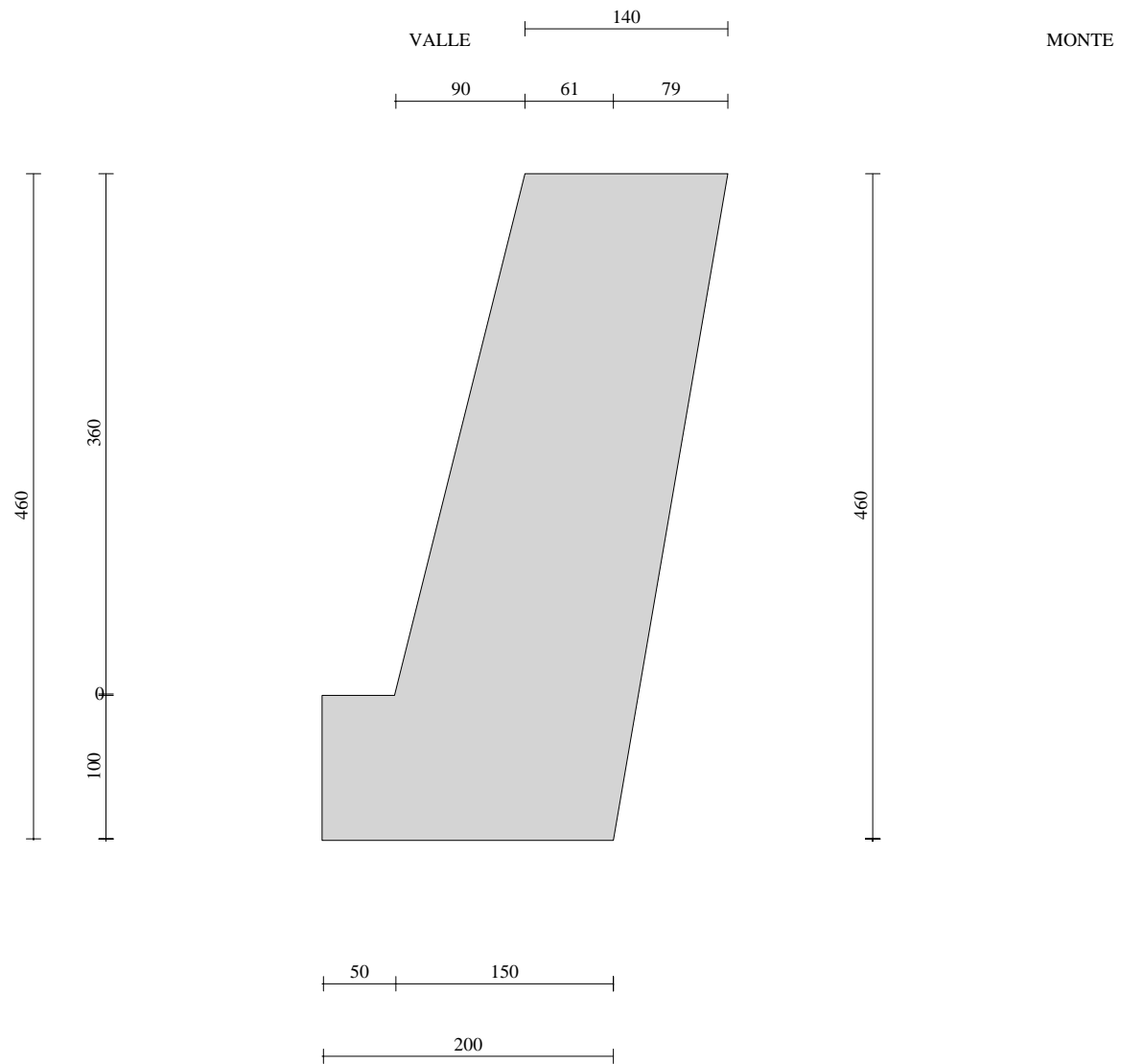
H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm ²]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza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

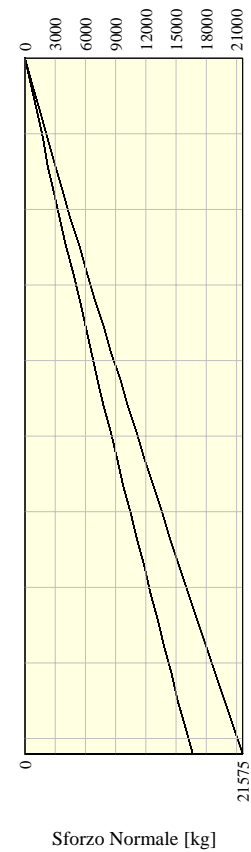
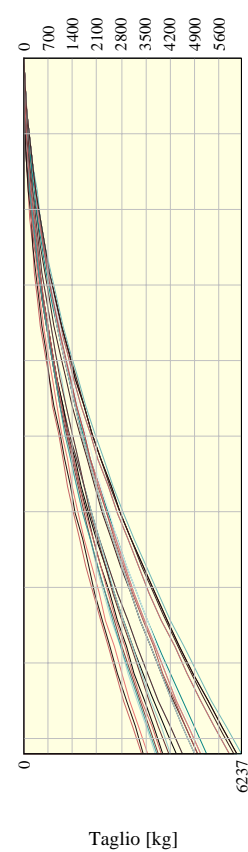
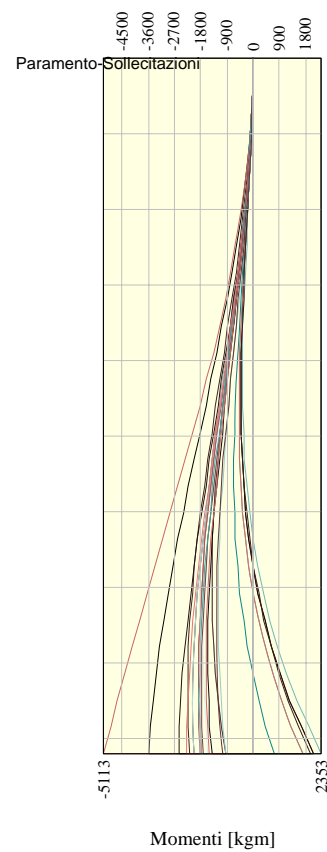
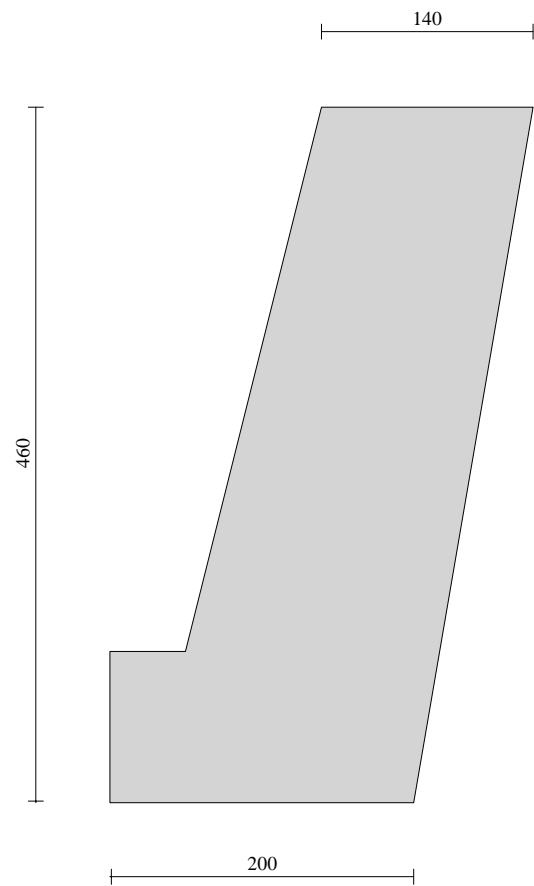
Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	140,00	0	0	0	0	0	0
2	0,18	141,36	572	744	-14	-7	5	48
3	0,35	142,71	1150	1495	-54	-28	20	108
4	0,53	144,07	1733	2253	-120	-58	45	179
5	0,71	145,42	2321	3017	-209	-97	80	263
6	0,88	146,78	2914	3789	-320	-140	124	369
7	1,06	148,13	3513	4567	-452	-187	179	490
8	1,24	149,49	4117	5352	-603	-233	244	627
9	1,42	150,84	4726	6144	-771	-276	318	780
10	1,59	152,20	5341	6943	-956	-314	403	949
11	1,77	153,55	5961	7749	-1155	-345	497	1134
12	1,95	154,91	6586	8562	-1368	-365	602	1334
13	2,12	156,26	7216	9381	-1592	-372	716	1550
14	2,30	157,62	7852	10208	-1826	-363	840	1782
15	2,48	158,97	8493	11041	-2069	-336	975	2030
16	2,65	160,33	9139	11881	-2319	-289	1119	2294
17	2,83	161,68	9791	12728	-2574	-218	1273	2574
18	3,01	163,04	10447	13582	-2834	-121	1437	2869
19	3,18	164,39	11109	14442	-3097	5	1611	3181
20	3,36	165,75	11777	15310	-3360	162	1795	3508
21	3,54	167,10	12449	16184	-3624	353	1989	3851
22	3,72	168,46	13127	17065	-3885	580	2193	4210
23	3,89	169,81	13810	17953	-4143	846	2407	4585
24	4,07	171,17	14499	18848	-4396	1154	2631	4975
25	4,25	172,52	15193	19750	-4643	1506	2865	5381
26	4,42	173,88	15892	20659	-4883	1905	3109	5803
27	4,60	175,24	16596	21575	-5113	2353	3359	6237

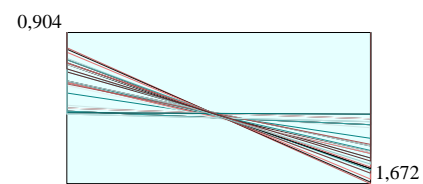
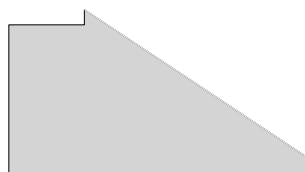
Nr.	Y	H	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	140,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,18	141,36	1,45	0,04	550	4	501,64	168,13
3	0,35	142,71	2,80	0,07	1149	18	229,92	78,21
4	0,53	144,07	4,04	0,10	1796	43	143,02	49,03
5	0,71	145,42	5,17	0,13	2494	82	101,39	34,87
6	0,88	146,78	6,20	0,15	3242	137	77,41	26,64
7	1,06	148,13	7,13	0,17	4041	210	62,02	21,31
8	1,24	149,49	7,96	0,19	4892	308	51,41	17,63
9	1,42	150,84	8,68	0,21	5796	433	43,71	14,94
10	1,59	152,20	9,31	0,22	6753	585	37,90	12,91
11	1,77	153,55	9,84	0,24	7764	769	33,38	11,32
12	1,95	154,91	10,28	0,26	8830	987	29,78	10,06
13	2,12	156,26	10,62	0,27	9951	1242	26,85	9,03
14	2,30	157,62	10,87	0,29	11129	1537	24,42	8,18

15	2,48	158,97	11,03	0,31	12364	1874	22,38	7,47
16	2,65	160,33	11,10	0,33	13656	2256	20,65	6,87
17	2,83	161,68	11,07	0,36	15007	2687	19,16	6,35
18	3,01	163,04	10,96	0,38	16417	3168	17,87	5,90
19	3,18	164,39	10,76	0,41	17887	3703	16,74	5,50
20	3,36	165,75	10,48	0,44	19418	4294	15,74	5,16
21	3,54	167,10	10,11	0,47	21010	4945	14,85	4,85
22	3,72	168,46	9,65	0,51	22664	5658	14,06	4,58
23	3,89	169,81	9,11	0,55	24381	6436	13,35	4,34
24	4,07	171,17	8,50	0,59	26161	7281	12,71	4,12
25	4,25	172,52	7,80	0,64	28005	8197	12,13	3,92
26	4,42	173,88	7,02	0,69	29914	9186	11,61	3,74
27	4,60	175,24	6,16	0,75	31887	10251	11,13	3,57

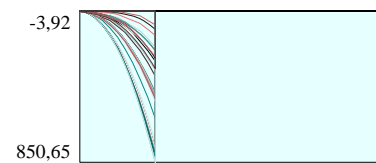




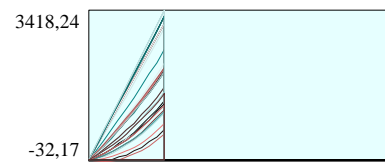




Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

C=1.34
R=5.16 m
X= -3.13 Y= 0.00



Terreno 1
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg}$
 $\phi=35.0^\circ$ $\delta=23^\circ$

Terreno 2
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg}$
 $\phi=35.0^\circ$ $\delta=23^\circ$

887

684

203

Progetto: Scogliera sx sez. 70
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:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
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:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
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:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
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:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
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

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
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	2,80 [m]
Spessore in sommità	1,20 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,30 [m]
Inclinazione paramento esterno	14,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-9,00 [°]
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	1,80 [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	5,01	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]	--	2,64	--	8,13	--
2	A1-M1 - [1]	--	3,19	--	8,68	--
3	A2-M2 - [1]	--	1,88	--	3,54	--
4	A2-M2 - [1]	--	1,88	--	3,54	--
5	EQU - [1]	--	--	4,12	--	--
6	EQU - [1]	--	--	4,97	--	--
7	STAB - [1]	--	--	--	--	1,48
8	STAB - [1]	--	--	--	--	1,48
9	A1-M1 - [2]	--	2,27	--	7,95	--
10	A2-M2 - [2]	--	1,59	--	3,46	--
11	EQU - [2]	--	--	3,22	--	--
12	STAB - [2]	--	--	--	--	1,39
13	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,25	--	8,10	--
14	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,24	--	8,50	--
15	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	2,25	--	8,10	--
16	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	2,24	--	8,50	--
17	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,41	--	3,24	--
18	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,41	--	3,40	--
19	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,41	--	3,24	--
20	A2-M2 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,41	--	3,40	--
21	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,23	--	--
22	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,02	--	--
23	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,23	--	--
24	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,02	--	--
25	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,37
26	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,36
27	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,37
28	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,36
29	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	2,20	--	8,07	--
30	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	2,19	--	8,46	--
31	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,38	--	3,23	--
32	A2-M2 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1,38	--	3,38	--
33	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,93	--	--
34	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,13	--	--
35	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,35
36	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,35
37	SLEQ - [1]	--	3,10	--	8,67	--
38	SLEF - [1]	--	2,98	--	8,64	--
39	SLER - [1]	--	2,79	--	8,60	--
40	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,76	--	8,51	--
41	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,76	--	8,64	--
42	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,65	--	8,47	--
43	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,66	--	8,61	--
44	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	2,50	--	8,41	--
45	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	2,51	--	8,54	--

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 12861,48 [kg]
Baricentro del muro X=-1,08 Y=-2,06

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = -0,60 Y = -3,80
Punto superiore superficie di spinta X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta 3,80 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale) -9,00 [°]

COMBINAZIONE n° 31

Valore della spinta statica 3298,76 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica 3248,28 [kg]
Componente verticale della spinta statica 574,87 [kg]

Punto d'applicazione della spinta	X = -0,40	[m]	Y = -2,51	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	52,18	[°]		

Incremento sismico della spinta	509,69	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,40	[m]	Y = -2,51	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,80	[°]		

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	661,53	[kg]		
Inerzia verticale del muro	330,76	[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	4411,70	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13855,93	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13855,93	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4411,70	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,02	[m]		
Risultante in fondazione	14541,32	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,66	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-246,94	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	44699,09	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,80	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7255	[kg/cm ²]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8173	[kg/cm ²]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 28.42	N' _c = 21.85
N _q = 16.92	N' _q = 11.97
N _γ = 13.82	N' _γ = 2.38

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.38
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.23

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	0,14	121,28	390	-4	29	0,96	0,03	244	2	441,30	127,15
3	0,28	122,56	785	-14	68	1,80	0,06	510	9	199,48	58,97
4	0,42	123,84	1183	-30	118	2,52	0,08	797	22	122,62	36,87
5	0,56	125,12	1586	-50	177	3,12	0,11	1106	42	86,02	26,17
6	0,70	126,40	1992	-72	247	3,61	0,13	1437	72	65,07	19,95
7	0,84	127,68	2402	-96	327	3,98	0,15	1791	112	51,71	15,94
8	0,99	128,96	2817	-119	418	4,24	0,18	2167	165	42,56	13,16
9	1,13	130,24	3235	-142	518	4,38	0,20	2567	230	35,95	11,14
10	1,27	131,52	3657	-162	629	4,42	0,22	2990	311	30,98	9,62
11	1,41	132,80	4083	-178	750	4,35	0,25	3438	408	27,14	8,43
12	1,55	134,08	4513	-188	881	4,17	0,27	3909	523	24,09	7,48
13	1,69	135,36	4948	-192	1022	3,89	0,30	4405	656	21,62	6,71
14	1,83	136,64	5386	-189	1174	3,50	0,33	4926	811	19,59	6,08
15	1,97	137,92	5828	-176	1336	3,01	0,37	5472	987	17,88	5,54
16	2,11	139,20	6274	-152	1508	2,42	0,40	6044	1187	16,44	5,09
17	2,25	140,48	6724	-117	1690	1,74	0,44	6642	1412	15,20	4,70
18	2,39	141,76	7178	-68	1882	0,95	0,49	7266	1663	14,14	4,37
19	2,53	143,04	7636	-5	2085	0,07	0,53	7917	1942	13,20	4,08
20	2,67	144,32	8098	74	2298	0,91	0,58	8595	2251	12,39	3,82
21	2,81	145,60	8564	170	2521	1,98	0,64	9300	2590	11,66	3,59
22	2,96	146,88	9034	284	2754	3,14	0,69	10032	2961	11,01	3,39
23	3,10	148,16	9508	418	2998	4,40	0,76	10793	3365	10,44	3,21
24	3,24	149,44	9986	573	3251	5,74	0,82	11582	3805	9,92	3,04
25	3,38	150,72	10468	751	3515	7,17	0,89	12400	4281	9,45	2,90
26	3,52	152,00	10954	952	3789	8,69	0,97	13246	4795	9,02	2,76
27	3,66	153,28	11443	1179	4074	10,30	1,05	14123	5348	8,63	2,64
28	3,80	154,56	11937	1431	4364	11,99	1,13	15027	5942	8,28	2,53

COMBINAZIONE n° 32

Valore della spinta statica	3298,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	3248,28	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	574,87	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,40	[m]	Y = -2,51	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	52,18	[°]		
Incremento sismico della spinta	341,33	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,40	[m]	Y = -2,51	[m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,68	[°]		
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	661,53	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-330,76	[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	4245,92	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13165,07	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13165,07	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4245,92	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,01	[m]
Risultante in fondazione	13832,82	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,88	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-152,69	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	44540,52	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7045	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,7613	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 28.42	N' _c = 21.72
N _q = 16.92	N' _q = 11.90
N _γ = 13.82	N' _γ = 2.29

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.38
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.38

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	0,14	121,28	390	-4	29	0,97	0,03	244	2	447,39	128,62
3	0,28	122,56	785	-14	67	1,82	0,06	510	9	203,15	59,85
4	0,42	123,84	1183	-30	115	2,55	0,08	796	21	125,29	37,53
5	0,56	125,12	1586	-50	173	3,18	0,11	1105	41	88,12	26,69
6	0,70	126,40	1992	-73	241	3,69	0,13	1436	70	66,80	20,39
7	0,84	127,68	2402	-98	318	4,09	0,15	1789	110	53,18	16,31
8	0,99	128,96	2817	-123	406	4,38	0,17	2164	160	43,82	13,49
9	1,13	130,24	3235	-148	503	4,57	0,20	2563	224	37,06	11,43
10	1,27	131,52	3657	-170	609	4,65	0,22	2985	302	31,98	9,87
11	1,41	132,80	4083	-189	726	4,63	0,24	3431	396	28,03	8,66
12	1,55	134,08	4513	-204	852	4,51	0,27	3901	507	24,90	7,69
13	1,69	135,36	4948	-212	988	4,29	0,30	4396	637	22,36	6,90
14	1,83	136,64	5386	-213	1134	3,96	0,33	4915	786	20,27	6,25
15	1,97	137,92	5828	-206	1290	3,54	0,36	5459	956	18,52	5,71
16	2,11	139,20	6274	-190	1455	3,03	0,39	6029	1149	17,03	5,25
17	2,25	140,48	6724	-162	1630	2,41	0,43	6625	1366	15,76	4,85
18	2,39	141,76	7178	-123	1815	1,71	0,47	7246	1609	14,66	4,50
19	2,53	143,04	7636	-70	2010	0,91	0,51	7894	1878	13,70	4,20
20	2,67	144,32	8098	-2	2215	0,02	0,56	8569	2175	12,85	3,94
21	2,81	145,60	8564	82	2429	0,95	0,61	9271	2502	12,10	3,71
22	2,96	146,88	9034	182	2653	2,02	0,67	10000	2859	11,43	3,50
23	3,10	148,16	9508	302	2887	3,17	0,72	10757	3249	10,84	3,31
24	3,24	149,44	9986	441	3130	4,41	0,79	11543	3672	10,30	3,14
25	3,38	150,72	10468	600	3384	5,74	0,85	12356	4131	9,81	2,99
26	3,52	152,00	10954	782	3647	7,14	0,92	13199	4625	9,37	2,85
27	3,66	153,28	11443	988	3920	8,63	1,00	14070	5158	8,97	2,73
28	3,80	154,56	11937	1218	4198	10,20	1,08	14970	5729	8,61	2,61

COMBINAZIONE n° 33

Valore della spinta statica	3298,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	3248,28	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	574,87	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,40	[m]	Y = -2,51	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	52,18	[°]		
Incremento sismico della spinta	341,33	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,40	[m]	Y = -2,51	[m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,68	[°]		
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	661,53	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-330,76	[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	4245,92	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13165,07	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1310,27	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	6192,00	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	18168,61	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13165,07	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4245,92	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,01	[m]
Risultante in fondazione	13832,82	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,88	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-152,69	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.93
--	------

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]= -2,60 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 4,29

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,86

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1,70

Larghezza della striscia dx[m]= 0,30

Coefficiente di sicurezza C= 1.35

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	460.34	79.19	452.17	1.61	29.26	0.000	0.000
2	1057.44	63.80	948.80	0.68	29.26	0.000	0.000
3	1344.62	55.65	1110.13	0.54	29.26	0.000	0.000
4	1559.34	49.00	1176.82	0.46	29.26	0.000	0.000
5	1730.89	43.16	1183.92	0.41	29.26	0.000	0.000
6	1881.83	37.84	1154.33	0.38	29.26	0.000	0.000
7	2214.78	32.88	1202.35	0.36	29.26	0.000	0.000
8	2577.34	28.19	1217.47	0.34	29.26	0.000	0.000
9	2709.74	23.70	1089.03	0.33	29.26	0.000	0.000
10	2701.16	19.36	895.24	0.32	29.26	0.000	0.000
11	2052.83	15.13	535.73	0.31	29.26	0.000	0.000
12	1253.72	10.98	238.86	0.31	29.26	0.000	0.000
13	944.00	6.90	113.35	0.30	29.26	0.000	0.000
14	889.68	2.84	44.15	0.30	29.26	0.000	0.000
15	809.32	-1.19	-16.85	0.30	29.26	0.000	0.000
16	800.08	-5.24	-73.01	0.30	29.26	0.000	0.000
17	779.09	-9.31	-125.98	0.31	29.26	0.000	0.000
18	746.02	-13.42	-173.19	0.31	29.26	0.000	0.000
19	700.32	-17.61	-211.92	0.32	29.26	0.000	0.000
20	641.20	-21.91	-239.21	0.33	29.26	0.000	0.000
21	567.51	-26.33	-251.71	0.34	29.26	0.000	0.000
22	477.61	-30.93	-245.51	0.35	29.26	0.000	0.000
23	369.18	-35.77	-215.81	0.37	29.26	0.000	0.000
24	238.75	-40.93	-156.41	0.40	29.26	0.000	0.000
25	80.84	-46.53	-58.67	0.44	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 29587,64$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 9594,07$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 14060,21$ [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

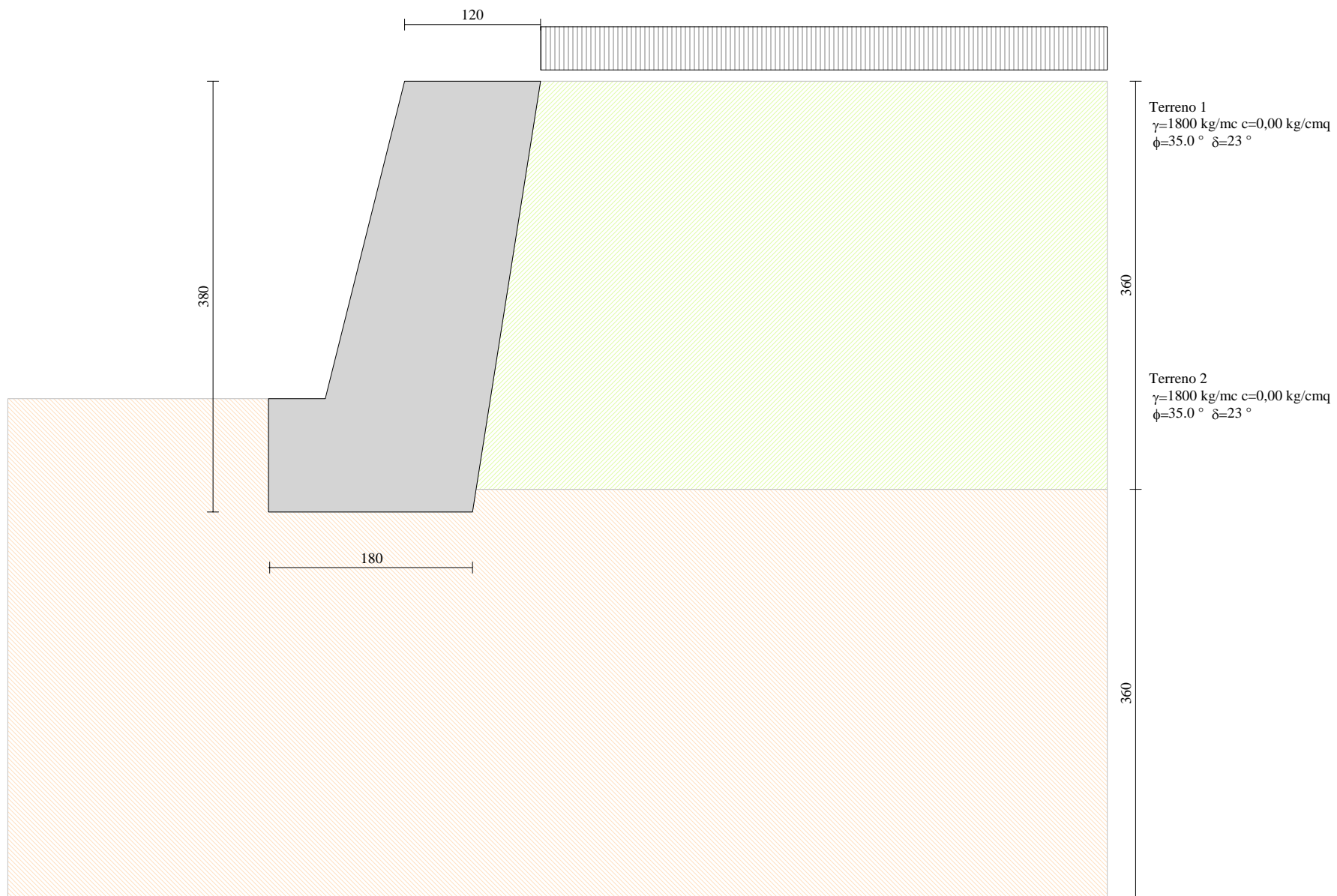
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

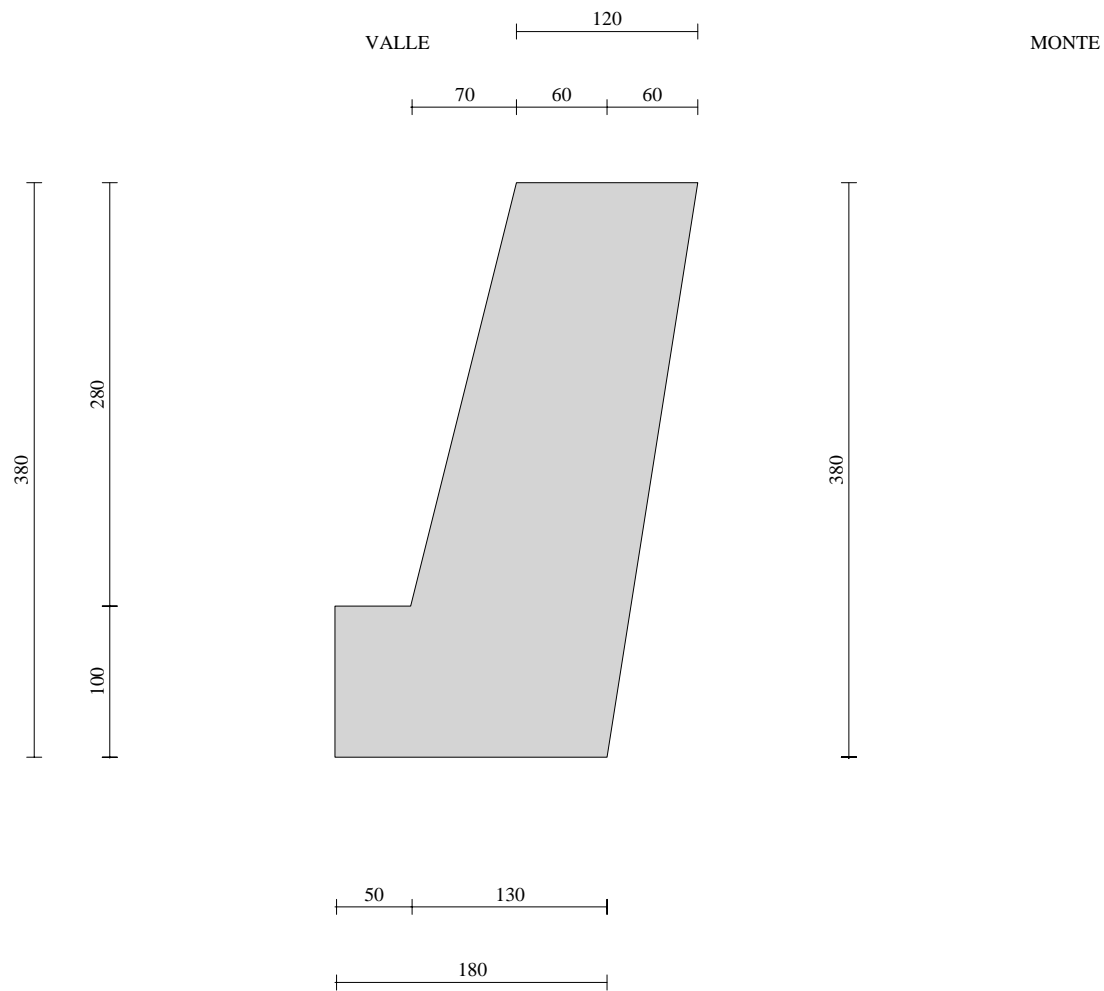
H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza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

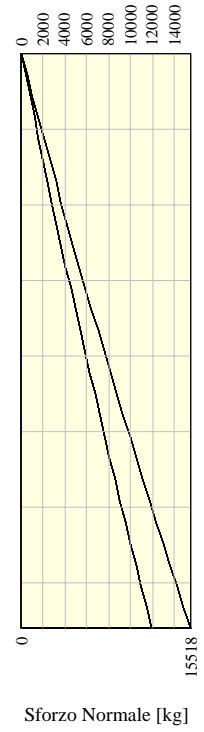
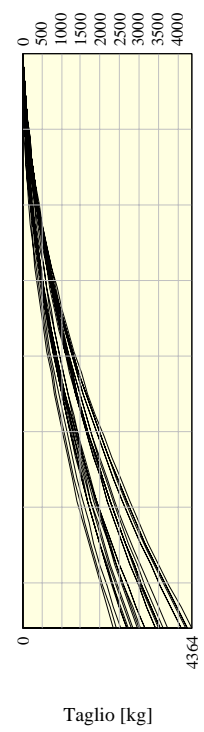
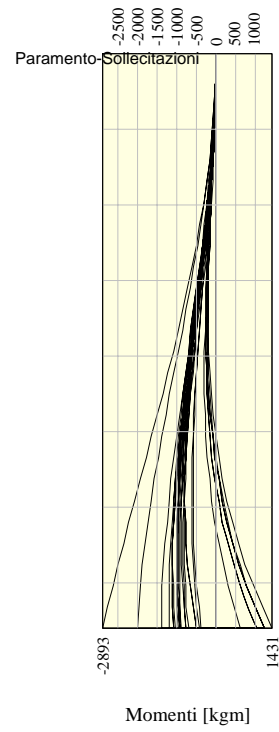
Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	120,00	0	0	0	0	0	0
2	0,14	121,28	390	508	-7	-4	3	33
3	0,28	122,56	785	1020	-28	-14	13	73
4	0,42	123,84	1183	1538	-63	-29	29	122
5	0,56	125,12	1586	2061	-110	-49	51	179
6	0,70	126,40	1992	2589	-168	-71	80	247
7	0,84	127,68	2402	3123	-238	-95	116	327
8	0,99	128,96	2817	3661	-317	-119	158	418
9	1,13	130,24	3235	4205	-407	-142	206	518
10	1,27	131,52	3657	4754	-504	-162	261	629
11	1,41	132,80	4083	5308	-610	-178	322	750
12	1,55	134,08	4513	5867	-723	-188	389	881
13	1,69	135,36	4948	6432	-842	-192	463	1022
14	1,83	136,64	5386	7001	-967	-189	544	1174
15	1,97	137,92	5828	7576	-1097	-176	631	1336
16	2,11	139,20	6274	8156	-1232	-152	724	1508
17	2,25	140,48	6724	8741	-1369	-117	824	1690
18	2,39	141,76	7178	9331	-1509	-68	930	1882
19	2,53	143,04	7636	9927	-1651	-5	1043	2085
20	2,67	144,32	8098	10527	-1795	74	1162	2298
21	2,81	145,60	8564	11133	-1938	170	1287	2521
22	2,96	146,88	9034	11744	-2082	284	1419	2754
23	3,10	148,16	9508	12360	-2224	418	1557	2998
24	3,24	149,44	9986	12982	-2364	573	1702	3251
25	3,38	150,72	10468	13608	-2502	751	1854	3515
26	3,52	152,00	10954	14240	-2637	952	2011	3789
27	3,66	153,28	11443	14876	-2767	1179	2176	4074
28	3,80	154,56	11937	15518	-2893	1431	2343	4364

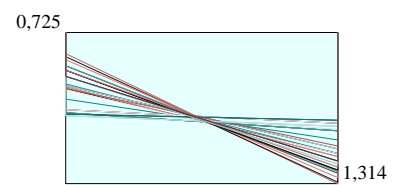
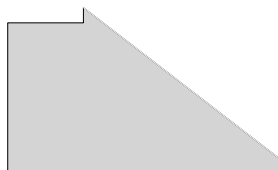
Nr.	Y	H	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	120,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,14	121,28	1,07	0,03	322	2	569,62	164,77
3	0,28	122,56	2,06	0,06	672	10	263,26	77,71
4	0,42	123,84	2,96	0,08	1050	23	164,57	49,26
5	0,56	125,12	3,79	0,10	1456	44	117,00	35,36
6	0,70	126,40	4,54	0,12	1891	74	89,47	27,22
7	0,84	127,68	5,22	0,14	2356	113	71,74	21,92
8	0,99	128,96	5,82	0,16	2850	165	59,47	18,23
9	1,13	130,24	6,34	0,18	3374	230	50,56	15,53
10	1,27	131,52	6,79	0,19	3928	311	43,81	13,47
11	1,41	132,80	7,17	0,21	4514	408	38,56	11,86
12	1,55	134,08	7,48	0,22	5130	523	34,37	10,58
13	1,69	135,36	7,72	0,24	5779	656	30,96	9,52

14	1,83	136,64	7,89	0,26	6460	811	28,14	8,65
15	1,97	137,92	7,99	0,28	7173	987	25,76	7,92
16	2,11	139,20	8,03	0,29	7920	1187	23,75	7,29
17	2,25	140,48	8,00	0,32	8700	1412	22,02	6,75
18	2,39	141,76	7,90	0,34	9514	1663	20,51	6,29
19	2,53	143,04	7,74	0,36	10363	1942	19,20	5,88
20	2,67	144,32	7,52	0,39	11246	2251	18,04	5,52
21	2,81	145,60	7,23	0,41	12165	2590	17,01	5,20
22	2,96	146,88	6,88	0,44	13119	2961	16,10	4,91
23	3,10	148,16	6,47	0,47	14109	3365	15,27	4,66
24	3,24	149,44	6,01	0,51	15136	3805	14,53	4,43
25	3,38	150,72	5,48	0,54	16200	4281	13,86	4,22
26	3,52	152,00	4,89	0,58	17301	4795	13,25	4,03
27	3,66	153,28	4,25	0,62	18440	5348	12,69	3,86
28	3,80	154,56	3,55	0,67	19615	5942	12,19	3,70

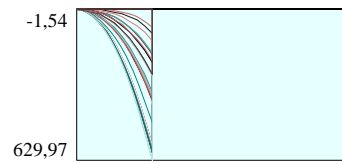




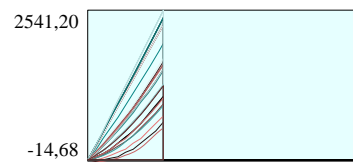




Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

C=1.48
R=4.29 m
X= -2.60 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
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=35.0^\circ$ $\delta=23^\circ$

755

586 170