

Regione Piemonte

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO



COMUNE DI CAPRIE

**LAVORI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA
RIO CALCINERA E REALIZZAZIONE
DI AREE DI LAMINAZIONE
– PROGETTO ESECUTIVO LOTTO PRIMO –**

il progettista

ing. Roberto Truffa Giachet

il responsabile del servizio

geom. Patrizia Volturno



allegato

T

oggetto

**CALCOLI STRUTTURALI:
RELAZIONE E TABULATI BRIGLIE**

rif. **211474**

1	29/03/2021	PROGETTO DEFINITIVO
2	02/11/2021	PROGETTO ESECUTIVO

4	
5	

data **Novembre'21**

3	
EMISSIONE	NOTE

6	
EMISSIONE	NOTE

Progetto: Briglie B1 e B3
Ditta: Comune di Caprie
Comune: Comune di Caprie
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, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali 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 disequaglianza

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

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel

momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

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

Verifica a scorrimento

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

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:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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:

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

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

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

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. 2008

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

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

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

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

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a semigravità in c.a.

Altezza del paramento	1,20 [m]
Spessore in sommità	0,60 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,20 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	26,40 [°]
Lunghezza del muro	4,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,30 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,60 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico 2500,0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 300,0 [kg/cm²]

Acciaio

Tipo FeB44K
Tensione ammissibile σ_{fa} 2600,0 [kg/cm²]

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	4,00	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]

Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione 1,80 [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/cm²]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kg/cm²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Terreno 1	1800	2000	32.00	21.33	0,000	0,000
Terreno 2	1800	2000	32.00	21.33	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/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	2,00	0,00	2,50	0,50	Terreno 1
2	2,00	0,00	2,57	0,50	Terreno 2

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 A2-M2)

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

Combinazione n° 3 EQU

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

Combinazione n° 4 STAB

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

Combinazione n° 5 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° 6 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° 7 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° 8 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° 9 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° 10 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° 11 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° 12 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° 13 SLE (Quasi Permanente)

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

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

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

Combinazione n° 15 SLE (Rara)

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

Combinazione n° 16 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

Combinazione n° 17 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

Combinazione n° 18 SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo

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

Combinazione n° 19 SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo

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

Combinazione n° 20 SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo

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

Combinazione n° 21 SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo

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

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLUCoefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature Sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

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

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.48 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$
Quasi permanente $\sigma_c < 0.37 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

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]	--	1,33	--	4,64	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,19	--	2,55	--
3	EQU - [1]	--	--	4,87	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,18
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,32	--	4,92	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,36	--	4,96	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,03	--	2,07	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,00	--	2,07	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,92	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	4,32	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,09
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,05
13	SLEQ - [1]	--	1,57	--	6,16	--
14	SLEF - [1]	--	1,57	--	6,16	--
15	SLER - [1]	--	1,57	--	6,16	--
16	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,50	--	5,79	--
17	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,49	--	5,79	--
18	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,50	--	5,79	--
19	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,49	--	5,79	--
20	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,50	--	5,79	--
21	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,49	--	5,79	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

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

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

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

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta

Calcolo del carico limite

Calcolo della stabilità globale

Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann

metodo di Meyerhof

metodo di Fellenius

Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

Coefficiente riduzione (β_m)

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

1.12 [m/s²]

1.60

1.00

0.24

0.50

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 4.38$

$k_v = 0.50 * k_h = 2.19$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

Coefficiente riduzione (β_m)

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

0.43 [m/s²]

1.60

1.00

0.18

0.50

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 1.26$

$k_v = 0.50 * k_h = 0.63$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)

50,0

Lunghezza del muro

4,00 [m]

Peso muro

5387,06 [kg]

Baricentro del muro

X=-0,07 Y=-1,08

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 0,90

Y = -1,80

Punto superiore superficie di spinta

X = 0,90

Y = 0,00

Altezza della superficie di spinta

1,80 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica

550,46

[kg]

Componente orizzontale della spinta statica

525,42

[kg]

Componente verticale della spinta statica

164,14

[kg]

Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,20	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,35	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,01	[°]		
Incremento sismico della spinta	78,70	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,20	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,45	[°]		
Spinta falda	1620,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,90	[m]	Y = -1,20	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1291,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,57	[m]	Y = -0,50	[m]
Inerzia del muro	236,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-118,09	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	56,61	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-28,31	[kg]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2513,33	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	6719,60	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-424,04	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	6719,60	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2513,33	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,15	[m]		
Risultante in fondazione	7174,25	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,51	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1030,76	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	13877,90	[kg]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	1,80	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,5660	[kg/cmq]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,1824	[kg/cmq]		
<u>Fattori per il calcolo della capacità portante</u>				
N _c = 23.18	N' _c = 15.31			
N _q = 12.59	N' _q = 7.91			
N _γ = 8.79	N' _γ = 0.48			
<u>COEFFICIENTI DI SICUREZZA</u>				
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.00			
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.07			

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,06	92,07	0,90	6,70
3	0,12	188,29	3,88	18,90
4	0,18	288,66	9,33	36,62
5	0,24	393,18	17,66	59,84
6	0,30	501,84	29,27	88,56
7	0,36	614,64	44,56	122,79
8	0,42	731,60	63,92	162,53
9	0,48	852,70	87,76	207,78
10	0,54	977,95	116,49	258,53
11	0,60	1107,35	150,50	314,79
12	0,66	1240,89	190,19	376,56
13	0,72	1378,58	235,97	443,83
14	0,78	1520,41	288,23	516,61
15	0,84	1666,40	347,38	594,89
16	0,90	1816,53	413,82	678,69
17	0,96	1970,80	487,94	767,99
18	1,02	2129,23	570,16	862,79
19	1,08	2291,80	660,86	963,10
20	1,14	2458,52	760,46	1068,92
21	1,20	2629,38	869,35	1179,97

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,03	1,86	123,84
3	0,06	7,41	245,76
4	0,09	16,59	365,76
5	0,12	29,34	483,83
6	0,15	45,60	599,98
7	0,18	65,32	714,21
8	0,21	88,43	826,51
9	0,24	114,89	936,90
10	0,27	144,63	1045,36
11	0,30	177,59	1151,90

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,03	-0,92	-61,32
3	0,06	-3,66	-120,71
4	0,09	-8,15	-178,18
5	0,12	-14,33	-233,73
6	0,15	-22,15	-287,36
7	0,18	-31,55	-339,06
8	0,21	-42,48	-388,84
9	0,24	-54,86	-436,70
10	0,27	-68,66	-482,63
11	0,30	-83,80	-526,65

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	38208	0
2	0,06	100,00	62,98	1,13	1,13	668722	-6562	7262,92	40241	0
3	0,12	100,00	65,96	1,13	1,13	693333	-14291	3682,19	42273	0
4	0,18	100,00	68,94	1,13	1,13	717493	-23201	2485,59	44305	0
5	0,24	100,00	71,91	1,13	1,13	741248	-33301	1885,29	46337	0
6	0,30	100,00	74,89	1,13	1,13	764641	-44599	1523,69	48369	0
7	0,36	100,00	77,87	1,13	1,13	787709	-57101	1281,57	50401	0
8	0,42	100,00	80,85	1,13	1,13	810483	-70812	1107,82	52434	0
9	0,48	100,00	83,83	1,13	1,13	821549	-84559	963,47	54466	0
10	0,54	100,00	86,81	1,13	1,13	818408	-97487	836,86	56498	0
11	0,60	100,00	89,78	1,13	1,13	813732	-110595	734,85	58530	0
12	0,66	100,00	92,76	1,13	1,13	807844	-123819	651,02	60562	0
13	0,72	100,00	95,74	1,13	1,13	800586	-137035	580,73	62594	0
14	0,78	100,00	98,72	2,26	2,26	802244	-152085	527,65	64627	0
15	0,84	100,00	101,70	1,13	1,13	782960	-163218	469,85	66659	0
16	0,90	100,00	104,68	1,13	1,13	771896	-175843	424,93	68691	0
17	0,96	100,00	107,65	1,13	1,13	761756	-188600	386,52	70723	0
18	1,02	100,00	110,63	1,13	1,13	747480	-200158	351,06	72755	0
19	1,08	100,00	113,61	1,13	1,13	735116	-211978	320,76	74787	0
20	1,14	100,00	116,59	1,13	1,13	719186	-222456	292,53	76820	0
21	1,20	100,00	119,57	1,13	1,13	703495	-232595	267,55	78852	0

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

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

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	38208	0
2	0,03	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	1299,03	38208	0
3	0,06	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	326,44	38208	0
4	0,09	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	145,84	38208	0
5	0,12	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	82,47	38208	0
6	0,15	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	53,06	38208	0
7	0,18	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	37,04	38208	0
8	0,21	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	27,36	38208	0
9	0,24	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	21,06	38208	0
10	0,27	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	16,73	38208	0
11	0,30	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	13,62	38208	0

Fondazione di monte

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

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	38208	0
2	0,03	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	2616,77	38208	0
3	0,06	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	661,07	38208	0
4	0,09	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	296,93	38208	0
5	0,12	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	168,81	38208	0
6	0,15	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	109,21	38208	0
7	0,18	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	76,67	38208	0
8	0,21	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	56,96	38208	0
9	0,24	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	44,10	38208	0
10	0,27	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	35,24	38208	0
11	0,30	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	28,87	38208	0

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	550,46	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	525,42	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	164,14	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,20	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,35	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,01	[°]		

Incremento sismico della spinta	78,70	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,90	[m]	Y = -1,20	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	49,45	[°]		
Spinta falda	1620,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,90	[m]	Y = -1,20	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1291,34	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,57	[m]	Y = -0,50	[m]
Inerzia del muro	236,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-118,09	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	56,61	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-28,31	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2513,33	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	6719,60	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-424,04	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1715,34	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	6717,73	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	6719,60	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2513,33	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,15	[m]		
Risultante in fondazione	7174,25	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,51	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1030,76	[kgm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.92
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

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]= -0,53 Y[m]= 0,18

Raggio del cerchio R[m]= 2,43

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,55

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1,90

Larghezza della striscia dx[m]= 0,18

Coefficiente di sicurezza C= 1.05

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	143.40	76.08	139.19	0.74	26.56	0.000	0.040
2	332.24	62.77	295.43	0.39	26.56	0.000	0.093
3	438.06	54.58	357.01	0.31	26.56	0.000	0.123
4	517.40	47.85	383.61	0.26	26.56	0.000	0.146
5	580.67	41.92	387.96	0.24	26.56	0.000	0.163
6	651.75	36.51	387.74	0.22	26.56	0.000	0.178
7	728.44	31.45	380.08	0.21	26.56	0.000	0.000
8	770.87	26.66	345.85	0.20	26.56	0.000	0.000
9	829.66	22.06	311.58	0.19	26.56	0.000	0.000
10	884.31	17.61	267.47	0.19	26.56	0.000	0.000
11	931.94	13.26	213.77	0.18	26.56	0.000	0.000
12	936.48	8.99	146.38	0.18	26.56	0.000	0.000
13	943.36	4.78	78.53	0.18	26.56	0.000	0.000
14	946.02	0.58	9.63	0.18	26.56	0.000	0.000
15	439.26	-3.61	-27.62	0.18	26.56	0.000	0.000
16	386.22	-7.81	-52.51	0.18	26.56	0.000	0.000
17	320.98	-12.07	-67.09	0.18	26.56	0.000	0.000
18	306.54	-16.39	-86.47	0.19	26.56	0.000	0.000
19	287.38	-20.80	-102.07	0.19	26.56	0.000	0.000
20	263.10	-25.36	-112.68	0.20	26.56	0.000	0.000
21	233.15	-30.09	-116.90	0.21	26.56	0.000	0.000
22	196.72	-35.07	-113.02	0.22	26.56	0.000	0.000
23	152.59	-40.37	-98.83	0.23	26.56	0.000	0.000
24	98.83	-46.14	-71.26	0.26	26.56	0.000	0.000
25	32.06	-52.60	-25.47	0.29	26.56	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 12351,44$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 2830,28$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 5441,93$ [kg]

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

Inviluppo Sollecitazioni paramento

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kg]

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

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,06	92,07	119,70	0,78	1,16	2,46	7,81
3	0,12	188,29	244,78	3,36	4,90	9,83	20,96
4	0,18	288,66	375,26	8,11	11,65	22,11	39,47
5	0,24	393,18	511,13	15,39	21,81	39,30	63,34
6	0,30	501,84	652,39	25,57	35,79	61,41	92,55
7	0,36	614,64	799,04	39,01	54,02	88,43	127,12
8	0,42	731,60	951,08	56,08	76,90	120,36	167,04
9	0,48	852,70	1108,51	77,15	104,85	157,21	212,31
10	0,54	977,95	1271,33	102,57	138,27	198,97	262,94
11	0,60	1107,35	1439,55	132,72	177,59	245,64	319,33
12	0,66	1240,89	1613,15	167,97	223,21	297,23	386,39
13	0,72	1378,58	1792,15	208,66	275,55	353,72	459,84
14	0,78	1520,41	1976,54	255,18	335,02	415,13	539,67
15	0,84	1666,40	2166,32	307,88	402,03	481,46	625,89
16	0,90	1816,53	2361,48	367,14	477,28	552,69	718,50
17	0,96	1970,80	2562,04	433,31	563,31	628,84	817,49
18	1,02	2129,23	2768,00	506,77	658,80	709,90	922,87
19	1,08	2291,80	2979,34	587,88	764,24	795,88	1034,64
20	1,14	2458,52	3196,07	677,00	880,09	886,76	1152,79
21	1,20	2629,38	3418,19	774,49	1006,84	982,35	1277,06

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kgm]

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

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,03	1,61	1,93	107,20	128,32
3	0,06	6,42	7,68	213,12	254,74
4	0,09	14,39	17,20	317,74	379,26
5	0,12	25,47	30,42	421,08	501,87
6	0,15	39,64	47,29	523,13	622,57
7	0,18	56,85	67,75	623,89	741,37
8	0,21	77,06	91,75	723,36	858,27
9	0,24	100,23	119,23	821,54	973,26
10	0,27	126,34	150,13	918,44	1086,34
11	0,30	155,33	184,39	1014,04	1197,52

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kgm]

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

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,03	-0,92	-0,61	-61,32	-40,64
3	0,06	-3,66	-2,43	-120,71	-80,00
4	0,09	-8,15	-5,40	-178,18	-118,07
5	0,12	-14,33	-9,50	-233,73	-154,85
6	0,15	-22,15	-14,68	-287,56	-190,34
7	0,18	-31,55	-20,90	-340,64	-224,54
8	0,21	-42,48	-28,14	-392,25	-257,45
9	0,24	-54,98	-36,34	-442,39	-289,07
10	0,27	-68,98	-45,47	-491,05	-319,41
11	0,30	-84,42	-55,49	-538,23	-348,46

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	38208	0
2	0,06	100,00	62,98	1,13	1,13	668717	-5666	5587,67	40241	0
3	0,12	100,00	65,96	1,13	1,13	693315	-12404	2833,98	42273	0
4	0,18	100,00	68,94	1,13	1,13	717453	-20229	1914,15	44305	0
5	0,24	100,00	71,91	1,13	1,13	741181	-29152	1452,92	46337	0
6	0,30	100,00	74,89	1,13	1,13	764541	-39185	1175,25	48369	0
7	0,36	100,00	77,87	1,13	1,13	787569	-50334	989,42	50401	0
8	0,42	100,00	80,85	1,13	1,13	810300	-62607	856,14	52434	0
9	0,48	100,00	83,83	1,13	1,13	820472	-76010	755,74	54466	0
10	0,54	100,00	86,81	1,13	1,13	817169	-89679	664,44	56498	0
11	0,60	100,00	89,78	1,13	1,13	812123	-102425	587,57	58530	0
12	0,66	100,00	92,76	1,13	1,13	806079	-115602	524,39	60562	0
13	0,72	100,00	95,74	1,13	1,13	798357	-128737	471,22	62594	0
14	0,78	100,00	98,72	2,26	2,26	799898	-143841	431,63	64627	0
15	0,84	100,00	101,70	1,13	1,13	780015	-155598	387,77	66659	0
16	0,90	100,00	104,68	1,13	1,13	768844	-168777	354,30	68691	0
17	0,96	100,00	107,65	1,13	1,13	757917	-182067	324,11	70723	0
18	1,02	100,00	110,63	1,13	1,13	743589	-194876	296,97	72755	0
19	1,08	100,00	113,61	1,13	1,13	731175	-207987	273,50	74787	0
20	1,14	100,00	116,59	1,13	1,13	714256	-221035	251,73	76820	0
21	1,20	100,00	119,57	1,13	1,13	698600	-232414	232,31	78852	0

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,06	100,00	62,98	1,13	1,13	0,02	0,00	-0,20	-0,23
3	0,12	100,00	65,96	1,13	1,13	0,03	0,00	-0,37	-0,49
4	0,18	100,00	68,94	1,13	1,13	0,05	0,00	-0,49	-0,76
5	0,24	100,00	71,91	1,13	1,13	0,07	0,01	-0,58	-1,06
6	0,30	100,00	74,89	1,13	1,13	0,09	0,01	-0,64	-1,38
7	0,36	100,00	77,87	1,13	1,13	0,12	0,02	-0,66	-1,71
8	0,42	100,00	80,85	1,13	1,13	0,14	0,02	-0,66	-2,07
9	0,48	100,00	83,83	1,13	1,13	0,17	0,03	-0,63	-2,44
10	0,54	100,00	86,81	1,13	1,13	0,20	0,03	-0,58	-2,82
11	0,60	100,00	89,78	1,13	1,13	0,22	0,04	-0,51	-3,23
12	0,66	100,00	92,76	1,13	1,13	0,25	0,04	-0,41	-3,64
13	0,72	100,00	95,74	1,13	1,13	0,28	0,05	-0,29	-4,07
14	0,78	100,00	98,72	2,26	2,26	0,31	0,05	-0,17	-4,49

15	0,84	100,00	101,70	1,13	1,13	0,35	0,06	0,11	-4,99
16	0,90	100,00	104,68	1,13	1,13	0,38	0,07	0,35	-5,49
17	0,96	100,00	107,65	1,13	1,13	0,42	0,07	0,65	-6,01
18	1,02	100,00	110,63	1,13	1,13	0,46	0,08	1,02	-6,56
19	1,08	100,00	113,61	1,13	1,13	0,50	0,09	1,46	-7,15
20	1,14	100,00	116,59	1,13	1,13	0,54	0,10	2,00	-7,78
21	1,20	100,00	119,57	1,13	1,13	0,59	0,10	2,63	-8,44

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

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

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	38208	0
2	0,03	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	1253,80	38208	0
3	0,06	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	315,00	38208	0
4	0,09	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	140,70	38208	0
5	0,12	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	79,54	38208	0
6	0,15	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	51,16	38208	0
7	0,18	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	35,71	38208	0
8	0,21	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	26,37	38208	0
9	0,24	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	20,29	38208	0
10	0,27	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	16,12	38208	0
11	0,30	100,00	60,00	1,13	1,13	0	2419	13,12	38208	0

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,03	100,00	60,00	1,13	1,13	0,01	0,02	2,73	-0,01
14	0,06	100,00	60,00	1,13	1,13	0,06	0,05	10,87	-0,04
15	0,09	100,00	60,00	1,13	1,13	0,13	0,07	24,34	-0,09
16	0,12	100,00	60,00	1,13	1,13	0,23	0,09	43,09	-0,15
17	0,15	100,00	60,00	1,13	1,13	0,36	0,11	67,04	-0,24
18	0,18	100,00	60,00	1,13	1,13	0,52	0,14	96,13	-0,34
19	0,21	100,00	60,00	1,13	1,13	0,70	0,16	130,27	-0,47
20	0,24	100,00	60,00	1,13	1,13	0,91	0,18	169,41	-0,61
21	0,27	100,00	60,00	1,13	1,13	1,15	0,20	213,48	-0,76
22	0,30	100,00	60,00	1,13	1,13	1,41	0,22	262,40	-0,94

Fondazione di monte

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

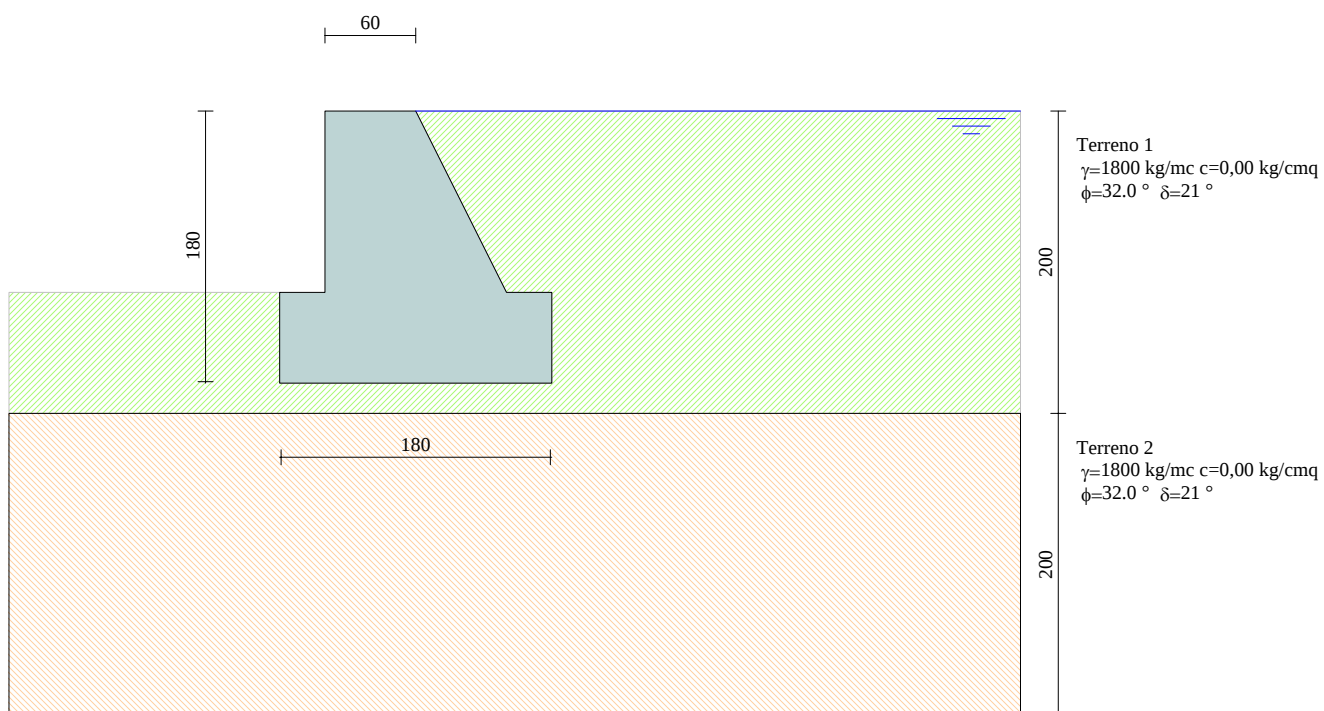
Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	38208	0
2	0,03	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	2616,77	38208	0

3	0,06	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	661,07	38208	0
4	0,09	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	296,93	38208	0
5	0,12	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	168,81	38208	0
6	0,15	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	109,21	38208	0
7	0,18	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	76,67	38208	0
8	0,21	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	56,96	38208	0
9	0,24	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	44,01	38208	0
10	0,27	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	35,07	38208	0
11	0,30	100,00	60,00	1,13	1,13	0	-2419	28,66	38208	0

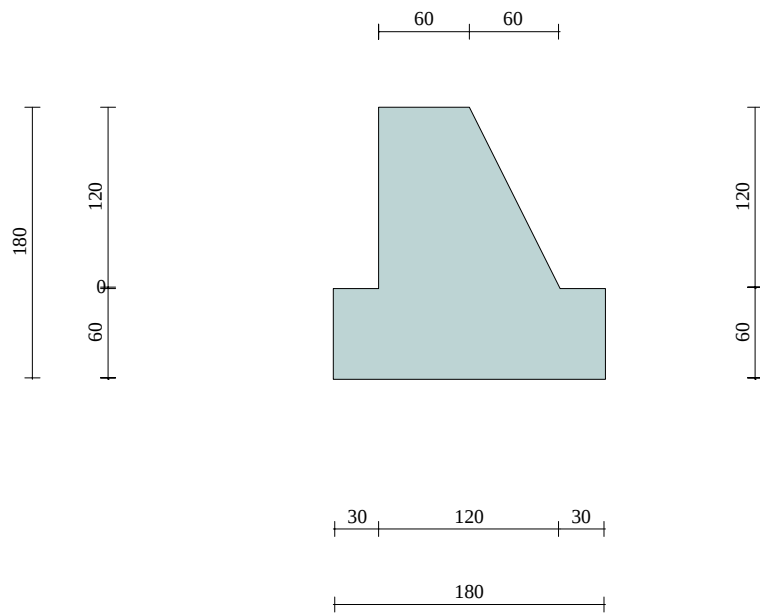
Inviluppo SLE

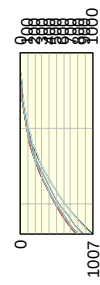
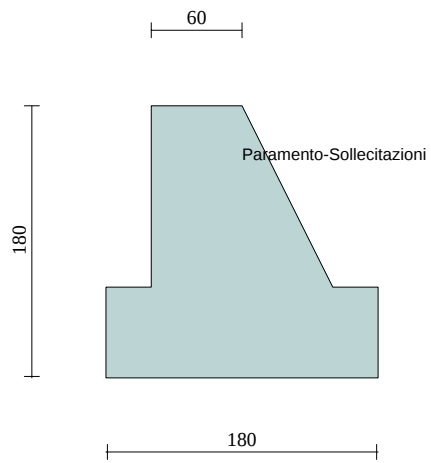
Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0,00	100,00	60,00	1,13	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,03	100,00	60,00	1,13	1,13	0,01	-0,01	0,00	1,11
14	0,06	100,00	60,00	1,13	1,13	0,02	-0,02	-0,02	4,39
15	0,09	100,00	60,00	1,13	1,13	0,05	-0,03	-0,03	9,78
16	0,12	100,00	60,00	1,13	1,13	0,09	-0,04	-0,06	17,20
17	0,15	100,00	60,00	1,13	1,13	0,14	-0,04	-0,10	26,58
18	0,18	100,00	60,00	1,13	1,13	0,20	-0,05	-0,14	37,86
19	0,21	100,00	60,00	1,13	1,13	0,27	-0,06	-0,18	50,97
20	0,24	100,00	60,00	1,13	1,13	0,35	-0,07	-0,24	65,83
21	0,27	100,00	60,00	1,13	1,13	0,44	-0,08	-0,29	82,37
22	0,30	100,00	60,00	1,13	1,13	0,54	-0,08	-0,36	100,53



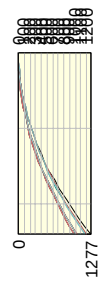
VALLE

MONTE

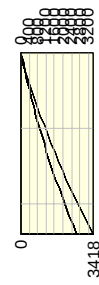




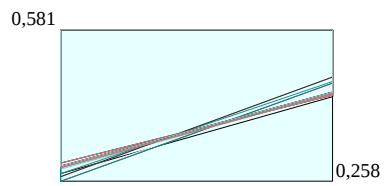
Momenti [kgm]



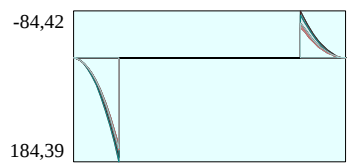
Taglio [kg]



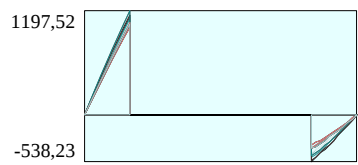
Sforzo Normale [kg]



Pressioni sul terreno

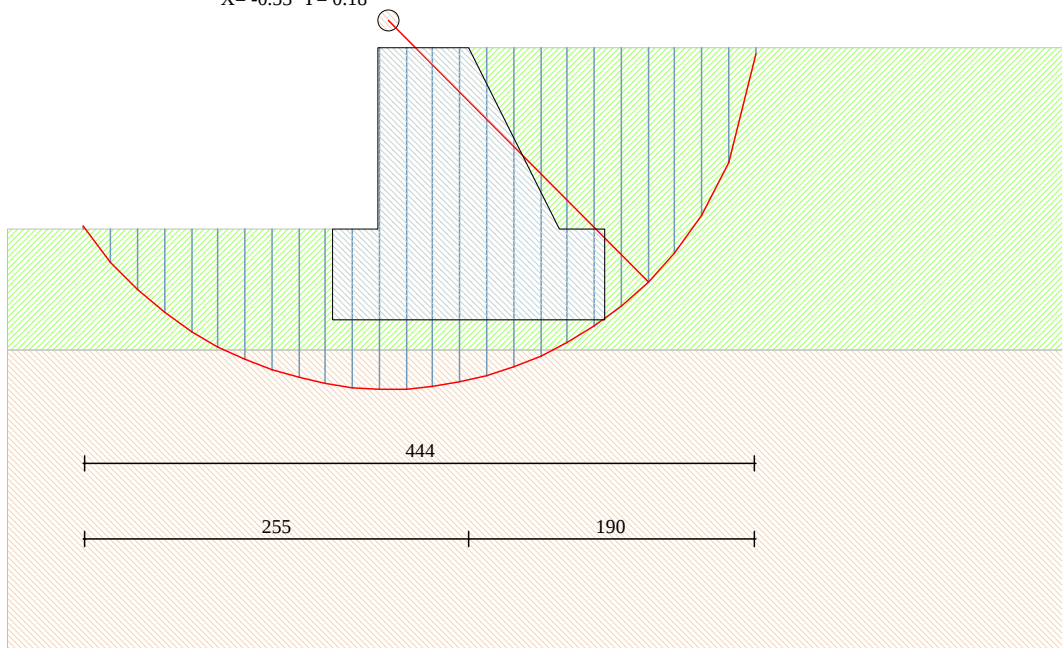


Momento



Taglio

C=1.18
R=2.43 m
X= -0.53 Y= 0.18

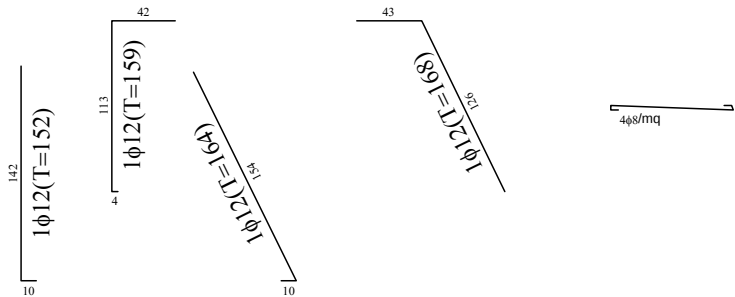
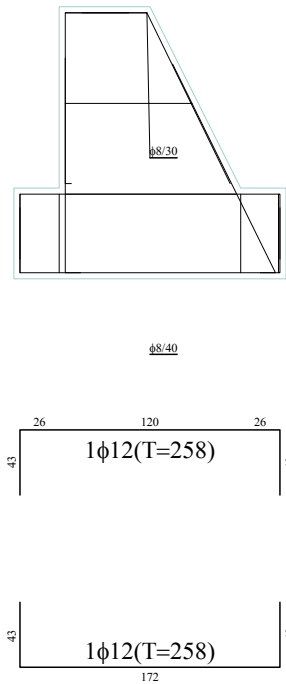


Terreno 1
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=32.0^\circ$ $\delta=21^\circ$

Terreno 2
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi=32.0^\circ$ $\delta=21^\circ$

VALLE

MONTE



Progetto: Briglie B2 e B4
Ditta: Comune di Caprie
Comune: Comune di Caprie
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, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali 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 disequaglianza

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

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel

momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

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

Verifica a scorrimento

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

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

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

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:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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:

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

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

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

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. 2008

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		1,00	

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

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a semigravità in c.a.

Altezza del paramento	1,70 [m]
Spessore in sommità	0,80 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,60 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	25,20 [°]
Lunghezza del muro	4,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,30 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,80 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico 2500,0 [kg/mc]
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck} 300,0 [kg/cm²]

Acciaio

Tipo FeB44K
Tensione ammissibile σ_{fa} 2600,0 [kg/cm²]

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	4,00	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]

Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione 1,80 [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/cm²]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kg/cm²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Terreno 1	1800	2000	32.00	21.33	0,000	0,000
Terreno 2	1800	2000	32.00	21.33	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/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	2,00	0,00	2,50	0,50	Terreno 1
2	2,00	0,00	3,26	0,50	Terreno 2

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 A2-M2)

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

Combinazione n° 3 EQU

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

Combinazione n° 4 STAB

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

Combinazione n° 5 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° 6 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° 7 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° 8 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° 9 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° 10 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° 11 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° 12 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° 13 SLE (Quasi Permanente)

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

Combinazione n° 14 SLE (Frequente)

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

Combinazione n° 15 SLE (Rara)

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

Combinazione n° 16 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

Combinazione n° 17 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

Combinazione n° 18 SLE (Frequente) - Sisma Vert. positivo

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

Combinazione n° 19 SLE (Frequente) - Sisma Vert. negativo

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

Combinazione n° 20 SLE (Rara) - Sisma Vert. positivo

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

Combinazione n° 21 SLE (Rara) - Sisma Vert. negativo

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

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

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

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.48 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.37 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

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]	--	1,37	--	4,39	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,20	--	2,36	--
3	EQU - [1]	--	--	4,37	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,38
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,38	--	4,78	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,41	--	4,73	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,04	--	1,92	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,03	--	1,94	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3,72	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,98	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,27
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,25
13	SLEQ - [1]	--	1,64	--	5,87	--
14	SLEF - [1]	--	1,64	--	5,87	--
15	SLER - [1]	--	1,64	--	5,87	--
16	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,56	--	5,52	--
17	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,56	--	5,55	--
18	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,56	--	5,52	--
19	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,56	--	5,55	--
20	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	1,56	--	5,52	--
21	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	1,56	--	5,55	--

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

Calcolo del carico limite

Calcolo della stabilità globale

Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann

metodo di Meyerhof

metodo di Fellenius

Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

Coefficiente riduzione (β_m)

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

1.12 [m/s²]

1.60

1.00

0.24

0.50

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 4.38$

$k_v = 0.50 * k_h = 2.19$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

Coefficiente riduzione (β_m)

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

0.43 [m/s²]

1.60

1.00

0.18

0.50

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 1.26$

$k_v = 0.50 * k_h = 0.63$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)

50,0

Lunghezza del muro

4,00 [m]

Peso muro

9499,83 [kg]

Baricentro del muro

X=-0,10 Y=-1,48

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 1,18

Y = -2,50

Punto superiore superficie di spinta

X = 0,00

Y = 0,00

Altezza della superficie di spinta

2,50 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

25,20 [°]

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica

2532,71 [kg]

Componente orizzontale della spinta statica

1865,87 [kg]

Componente verticale della spinta statica

1712,65 [kg]

Punto d'applicazione della spinta	X = 0,75	[m]	Y = -1,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,35	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62,01	[°]		

Incremento sismico della spinta	351,81	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,75	[m]	Y = -1,60	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	56,01	[°]		

Spinta falda	1620,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,18	[m]	Y = -1,90	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	-216,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	416,48	[kg]		
Inerzia verticale del muro	208,24	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	-9,47	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-4,73	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4152,06	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	11437,88	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-753,85	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	11437,88	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4152,06	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,24	[m]		
Risultante in fondazione	12168,19	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19,95	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2753,67	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	21940,17	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,8613	[kg/cm ²]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,1785	[kg/cm ²]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 23.18	N' _c = 15.69
N _q = 12.59	N' _q = 8.07
N _γ = 8.79	N' _γ = 0.58

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.04
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.92

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 7

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,08	173,97	2,25	10,81
3	0,17	355,89	9,51	28,32
4	0,26	545,75	22,52	52,55
5	0,34	743,55	42,04	83,48
6	0,42	949,30	68,81	121,12
7	0,51	1163,00	103,59	165,46
8	0,59	1384,64	147,12	216,52
9	0,68	1614,22	200,16	274,17
10	0,76	1851,74	263,45	339,60
11	0,85	2097,22	338,02	416,33
12	0,93	2350,63	425,00	504,18
13	1,02	2611,99	525,52	603,13
14	1,10	2881,29	640,70	713,20
15	1,19	3158,54	771,67	834,36
16	1,27	3443,73	919,54	966,64
17	1,36	3736,87	1085,45	1110,02
18	1,44	4037,95	1270,51	1264,51
19	1,53	4346,98	1475,85	1430,10
20	1,61	4663,95	1702,59	1606,80
21	1,70	4988,86	1951,85	1794,05

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 7

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,03	2,96	196,99
3	0,06	11,79	391,19
4	0,09	26,41	582,59
5	0,12	46,72	771,20
6	0,15	72,65	957,02
7	0,18	104,11	1140,05
8	0,21	141,02	1320,28
9	0,24	183,30	1497,72
10	0,27	230,86	1672,36
11	0,30	283,62	1844,21

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,03	-1,55	-102,84
3	0,06	-6,14	-202,89
4	0,09	-13,70	-300,15
5	0,12	-24,12	-394,61
6	0,15	-37,34	-486,28
7	0,18	-53,27	-575,16
8	0,21	-71,83	-661,24
9	0,24	-92,92	-744,53
10	0,27	-116,47	-825,03
11	0,30	-142,39	-902,73

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 7

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,08	100,00	84,00	1,13	1,13	889171	-11513	5110,99	54583	0
3	0,17	100,00	88,00	1,13	1,13	922716	-24658	2592,71	57312	0
4	0,26	100,00	92,00	1,13	1,13	955927	-39452	1751,59	60041	0
5	0,34	100,00	96,00	1,13	1,13	988835	-55910	1329,88	62770	0
6	0,42	100,00	100,00	1,13	1,13	1021468	-74045	1076,02	65500	0
7	0,51	100,00	104,00	1,13	1,13	1053852	-93869	906,15	68229	0
8	0,59	100,00	108,00	1,13	1,13	1086008	-115393	784,33	70958	0
9	0,68	100,00	112,00	1,13	1,13	1117957	-138622	692,57	73687	0
10	0,76	100,00	116,00	1,13	1,13	1134319	-161379	612,57	76416	0
11	0,85	100,00	120,00	1,13	1,13	1137018	-183257	542,16	79145	0
12	0,93	100,00	124,00	1,13	1,13	1139267	-205982	484,66	81874	0
13	1,02	100,00	128,00	1,13	1,13	1137240	-228807	435,39	84603	0
14	1,10	100,00	132,00	1,13	1,13	1135628	-252525	394,14	87332	0
15	1,19	100,00	136,00	1,13	1,13	1130309	-276147	357,86	90061	0
16	1,27	100,00	140,00	2,26	2,26	1134426	-302913	329,42	92790	0
17	1,36	100,00	144,00	1,13	1,13	1116918	-324430	298,89	95519	0
18	1,44	100,00	148,00	1,13	1,13	1105295	-347772	273,73	98248	0
19	1,53	100,00	152,00	1,13	1,13	1094861	-371717	251,87	100977	0
20	1,61	100,00	156,00	1,13	1,13	1080931	-394598	231,76	103706	0
21	1,70	100,00	160,00	1,13	1,13	1065020	-416680	213,48	106435	0

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 7

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

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

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,03	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	1104,27	51854	0
3	0,06	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	277,38	51854	0
4	0,09	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	123,86	51854	0
5	0,12	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	70,01	51854	0
6	0,15	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	45,02	51854	0
7	0,18	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	31,41	51854	0
8	0,21	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	23,19	51854	0
9	0,24	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	17,84	51854	0
10	0,27	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	14,17	51854	0
11	0,30	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	11,53	51854	0

Fondazione di monte

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

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,03	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	2110,63	51854	0
3	0,06	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	532,46	51854	0
4	0,09	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	238,82	51854	0
5	0,12	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	135,58	51854	0
6	0,15	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	87,58	51854	0
7	0,18	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	61,40	51854	0
8	0,21	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	45,54	51854	0
9	0,24	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	35,20	51854	0
10	0,27	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	28,08	51854	0
11	0,30	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	22,97	51854	0

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	2532,71	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1865,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1712,65	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,75	[m]	Y = -1,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,35	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62,01	[°]		

Incremento sismico della spinta	242,32	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,75	[m]	Y = -1,60	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,70	[°]		
Spinta falda	1620,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,18	[m]	Y = -1,90	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	-216,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	416,48	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-208,24	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	-9,47	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	4,73	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4071,40	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	10956,83	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-753,85	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	10956,83	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4071,40	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,25	[m]		
Risultante in fondazione	11688,82	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,38	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2707,11	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	21287,72	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,20	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,8337	[kg/cm ²]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,1624	[kg/cm ²]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 23.18	N' _c = 15.50
N _q = 12.59	N' _q = 7.97
N _γ = 8.79	N' _γ = 0.50

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.03
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.94

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,08	173,97	2,25	10,69
3	0,17	355,89	9,48	27,84
4	0,26	545,75	22,43	51,45
5	0,34	743,55	41,82	81,53
6	0,42	949,30	68,38	118,08
7	0,51	1163,00	102,85	161,09
8	0,59	1384,64	145,94	210,57
9	0,68	1614,22	198,39	266,40
10	0,76	1851,74	260,94	329,81
11	0,85	2097,22	334,59	404,37
12	0,93	2350,63	420,46	489,91
13	1,02	2611,99	519,66	586,43
14	1,10	2881,29	633,31	693,91
15	1,19	3158,54	762,53	812,37
16	1,27	3443,73	908,41	941,80
17	1,36	3736,87	1072,08	1082,20
18	1,44	4037,95	1254,64	1233,57
19	1,53	4346,98	1457,22	1395,92
20	1,61	4663,95	1680,91	1569,23
21	1,70	4988,86	1926,83	1752,98

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,03	2,84	188,72
3	0,06	11,30	374,70
4	0,09	25,29	557,93
5	0,12	44,74	738,42
6	0,15	69,57	916,15
7	0,18	99,69	1091,15
8	0,21	135,01	1263,39
9	0,24	175,46	1432,90
10	0,27	220,96	1599,65
11	0,30	271,41	1763,66

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,03	-1,62	-107,69
3	0,06	-6,43	-212,64
4	0,09	-14,35	-314,85
5	0,12	-25,30	-414,30
6	0,15	-39,18	-511,01
7	0,18	-55,93	-604,98
8	0,21	-75,46	-696,20
9	0,24	-97,68	-784,67
10	0,27	-122,51	-870,40
11	0,30	-149,87	-953,38

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,08	100,00	84,00	1,13	1,13	889183	-11496	5111,07	54583	0
3	0,17	100,00	88,00	1,13	1,13	922765	-24588	2592,85	57312	0
4	0,26	100,00	92,00	1,13	1,13	956032	-39294	1751,78	60041	0
5	0,34	100,00	96,00	1,13	1,13	989015	-55627	1330,12	62770	0
6	0,42	100,00	100,00	1,13	1,13	1021740	-73602	1076,30	65500	0
7	0,51	100,00	104,00	1,13	1,13	1054230	-93229	906,48	68229	0
8	0,59	100,00	108,00	1,13	1,13	1086504	-114519	784,69	70958	0
9	0,68	100,00	112,00	1,13	1,13	1118583	-137479	692,96	73687	0
10	0,76	100,00	116,00	1,13	1,13	1137936	-160353	614,52	76416	0
11	0,85	100,00	120,00	1,13	1,13	1141125	-182053	544,11	79145	0
12	0,93	100,00	124,00	1,13	1,13	1144576	-204729	486,92	81874	0
13	1,02	100,00	128,00	1,13	1,13	1143007	-227403	437,60	84603	0
14	1,10	100,00	132,00	1,13	1,13	1141815	-250973	396,29	87332	0
15	1,19	100,00	136,00	1,13	1,13	1137977	-274727	360,29	90061	0
16	1,27	100,00	140,00	2,26	2,26	1142364	-301340	331,72	92790	0
17	1,36	100,00	144,00	1,13	1,13	1126300	-323126	301,40	95519	0
18	1,44	100,00	148,00	1,13	1,13	1115334	-346549	276,21	98248	0
19	1,53	100,00	152,00	1,13	1,13	1105059	-370444	254,21	100977	0
20	1,61	100,00	156,00	1,13	1,13	1093511	-394107	234,46	103706	0
21	1,70	100,00	160,00	1,13	1,13	1077559	-416181	215,99	106435	0

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

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

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,03	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	1152,58	51854	0
3	0,06	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	289,55	51854	0
4	0,09	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	129,32	51854	0
5	0,12	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	73,10	51854	0
6	0,15	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	47,01	51854	0
7	0,18	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	32,81	51854	0
8	0,21	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	24,23	51854	0
9	0,24	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	18,64	51854	0
10	0,27	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	14,80	51854	0
11	0,30	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	12,05	51854	0

Fondazione di monte

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

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,03	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	2016,10	51854	0
3	0,06	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	508,33	51854	0
4	0,09	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	227,87	51854	0
5	0,12	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	129,29	51854	0
6	0,15	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	83,47	51854	0
7	0,18	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	58,48	51854	0
8	0,21	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	43,35	51854	0
9	0,24	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	33,49	51854	0
10	0,27	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	26,70	51854	0
11	0,30	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	21,82	51854	0

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	2532,71	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1865,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1712,65	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,75	[m]	Y = -1,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,35	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62,01	[°]		

Incremento sismico della spinta	242,32	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,75	[m]	Y = -1,60	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,70	[°]		
Spinta falda	1620,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,18	[m]	Y = -1,90	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	-216,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	416,48	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-208,24	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	-9,47	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	4,73	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4071,40	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	10956,83	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-753,85	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	3434,33	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	12779,51	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	10956,83	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4071,40	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,25	[m]		
Risultante in fondazione	11688,82	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,38	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2707,11	[kgm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.72
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

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]= -0,94 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 3,23

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,69

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,29

Larghezza della striscia dx[m]= 0,24

Coefficiente di sicurezza C= 1.25

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	267.87	78.90	262.86	1.24	26.56	0.000	0.000
2	662.85	63.10	591.15	0.53	26.56	0.000	0.076
3	856.59	54.73	699.32	0.41	26.56	0.000	0.116
4	1000.80	47.88	742.33	0.36	26.56	0.000	0.146
5	1119.93	41.86	747.35	0.32	26.56	0.000	0.170
6	1314.82	36.37	779.69	0.30	26.56	0.000	0.000
7	1411.93	31.25	732.44	0.28	26.56	0.000	0.000
8	1539.75	26.39	684.46	0.27	26.56	0.000	0.000
9	1656.86	21.74	613.58	0.26	26.56	0.000	0.000
10	1756.60	17.23	520.20	0.25	26.56	0.000	0.000
11	1773.04	12.82	393.55	0.25	26.56	0.000	0.000
12	1792.47	8.50	264.92	0.24	26.56	0.000	0.000
13	1701.41	4.22	125.27	0.24	26.56	0.000	0.000
14	790.99	-0.03	-0.43	0.24	26.56	0.000	0.000
15	673.65	-4.28	-50.32	0.24	26.56	0.000	0.000
16	641.52	-8.56	-95.50	0.24	26.56	0.000	0.000
17	621.98	-12.89	-138.73	0.25	26.56	0.000	0.000
18	594.16	-17.29	-176.59	0.25	26.56	0.000	0.000
19	557.52	-21.80	-207.06	0.26	26.56	0.000	0.000
20	511.27	-26.46	-227.82	0.27	26.56	0.000	0.000
21	454.29	-31.32	-236.15	0.28	26.56	0.000	0.000
22	384.90	-36.45	-228.66	0.30	26.56	0.000	0.000
23	300.57	-41.94	-200.90	0.32	26.56	0.000	0.000
24	197.13	-47.97	-146.43	0.36	26.56	0.000	0.000
25	66.87	-54.83	-54.67	0.42	26.56	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 22649,77$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 5393,83$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 9872,73$ [kg]

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

Inviluppo Sollecitazioni paramento

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kg]

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

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,08	173,97	226,16	1,91	2,89	2,35	12,60
3	0,17	355,89	462,66	8,02	12,03	9,39	31,01
4	0,26	545,75	709,47	18,90	28,17	21,13	55,25
5	0,34	743,55	966,62	35,15	52,02	37,56	85,30
6	0,42	949,30	1234,09	57,33	84,32	58,70	121,17
7	0,51	1163,00	1511,90	86,03	125,79	84,52	165,46
8	0,59	1384,64	1800,03	121,82	177,16	115,04	216,52
9	0,68	1614,22	2098,48	165,29	239,15	150,18	274,17
10	0,76	1851,74	2407,27	217,02	312,52	191,35	339,60
11	0,85	2097,22	2726,38	277,91	398,27	242,45	416,33
12	0,93	2350,63	3055,82	348,98	497,56	303,39	504,18
13	1,02	2611,99	3395,59	431,24	611,54	374,16	603,13
14	1,10	2881,29	3745,68	525,72	741,33	454,77	713,20
15	1,19	3158,54	4106,10	633,42	888,07	545,21	834,36
16	1,27	3443,73	4476,85	755,36	1052,92	645,49	966,64
17	1,36	3736,87	4857,93	892,57	1237,00	755,60	1110,02
18	1,44	4037,95	5249,34	1046,04	1441,45	875,54	1264,51
19	1,53	4346,98	5651,07	1216,81	1667,43	1005,31	1430,10
20	1,61	4663,95	6063,13	1405,88	1916,06	1144,92	1606,80
21	1,70	4988,86	6485,52	1614,26	2188,47	1293,95	1794,05

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kgm]

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

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,03	2,47	2,96	164,32	196,99
3	0,06	9,84	11,79	326,55	391,19
4	0,09	22,04	26,41	486,70	582,59
5	0,12	39,02	46,72	644,78	771,20
6	0,15	60,71	72,65	800,77	957,02
7	0,18	87,04	104,11	954,68	1140,05
8	0,21	117,97	141,02	1106,51	1320,28
9	0,24	153,41	183,30	1256,26	1497,72
10	0,27	193,32	230,86	1403,93	1672,36
11	0,30	237,63	283,62	1549,51	1844,21

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kgm]

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

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,03	-1,81	-1,27	-120,08	-83,99
3	0,06	-7,18	-5,02	-237,72	-165,90
4	0,09	-16,05	-11,20	-352,94	-245,74
5	0,12	-28,33	-19,74	-465,73	-323,49
6	0,15	-43,97	-30,59	-576,09	-399,16
7	0,18	-62,87	-43,67	-684,02	-472,74
8	0,21	-84,98	-58,93	-789,52	-544,25
9	0,24	-110,22	-76,30	-892,60	-613,68
10	0,27	-138,51	-95,73	-993,24	-681,02
11	0,30	-169,79	-117,15	-1091,45	-746,29

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M _u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,08	100,00	84,00	1,13	1,13	889171	-9763	3932,05	54583	0
3	0,17	100,00	88,00	1,13	1,13	922716	-20842	1995,36	57312	0
4	0,26	100,00	92,00	1,13	1,13	955927	-33254	1348,74	60041	0
5	0,34	100,00	96,00	1,13	1,13	988835	-47012	1024,70	62770	0
6	0,42	100,00	100,00	1,13	1,13	1021468	-62131	829,74	65500	0
7	0,51	100,00	104,00	1,13	1,13	1053852	-78622	699,34	68229	0
8	0,59	100,00	108,00	1,13	1,13	1086008	-96494	605,87	70958	0
9	0,68	100,00	112,00	1,13	1,13	1117957	-115756	535,50	73687	0
10	0,76	100,00	116,00	1,13	1,13	1134319	-136425	480,54	76416	0
11	0,85	100,00	120,00	1,13	1,13	1137018	-158674	431,37	79145	0
12	0,93	100,00	124,00	1,13	1,13	1139267	-181377	387,47	81874	0
13	1,02	100,00	128,00	1,13	1,13	1137240	-203005	351,09	84603	0
14	1,10	100,00	132,00	1,13	1,13	1135628	-225720	319,70	87332	0
15	1,19	100,00	136,00	1,13	1,13	1130309	-249193	292,58	90061	0
16	1,27	100,00	140,00	2,26	2,26	1134426	-275106	271,40	92790	0
17	1,36	100,00	144,00	1,13	1,13	1116918	-297867	248,46	95519	0
18	1,44	100,00	148,00	1,13	1,13	1105295	-323144	229,86	98248	0
19	1,53	100,00	152,00	1,13	1,13	1094861	-348310	213,54	100977	0
20	1,61	100,00	156,00	1,13	1,13	1080931	-374254	198,81	103706	0
21	1,70	100,00	160,00	1,13	1,13	1065020	-400431	185,17	106435	0

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,08	100,00	84,00	1,13	1,13	0,02	0,00	-0,29	-0,33
3	0,17	100,00	88,00	1,13	1,13	0,05	0,00	-0,52	-0,69
4	0,26	100,00	92,00	1,13	1,13	0,07	0,00	-0,70	-1,08
5	0,34	100,00	96,00	1,13	1,13	0,10	0,01	-0,85	-1,48
6	0,42	100,00	100,00	1,13	1,13	0,13	0,01	-0,95	-1,91
7	0,51	100,00	104,00	1,13	1,13	0,16	0,01	-1,02	-2,36
8	0,59	100,00	108,00	1,13	1,13	0,19	0,02	-1,05	-2,82
9	0,68	100,00	112,00	1,13	1,13	0,23	0,02	-1,06	-3,30
10	0,76	100,00	116,00	1,13	1,13	0,26	0,02	-1,05	-3,79
11	0,85	100,00	120,00	1,13	1,13	0,29	0,03	-1,00	-4,30
12	0,93	100,00	124,00	1,13	1,13	0,33	0,03	-0,94	-4,82
13	1,02	100,00	128,00	1,13	1,13	0,37	0,04	-0,85	-5,36
14	1,10	100,00	132,00	1,13	1,13	0,41	0,05	-0,73	-5,91

15	1,19	100,00	136,00	1,13	1,13	0,44	0,05	-0,59	-6,49
16	1,27	100,00	140,00	2,26	2,26	0,48	0,06	-0,44	-7,04
17	1,36	100,00	144,00	1,13	1,13	0,53	0,07	-0,25	-7,68
18	1,44	100,00	148,00	1,13	1,13	0,57	0,08	0,17	-8,31
19	1,53	100,00	152,00	1,13	1,13	0,62	0,09	0,47	-8,98
20	1,61	100,00	156,00	1,13	1,13	0,66	0,10	0,84	-9,68
21	1,70	100,00	160,00	1,13	1,13	0,71	0,10	1,28	-10,41

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kg]
M_u	momento ultimo espresso in [kgm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

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

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,03	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	1104,27	51854	0
3	0,06	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	277,38	51854	0
4	0,09	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	123,86	51854	0
5	0,12	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	70,01	51854	0
6	0,15	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	45,02	51854	0
7	0,18	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	31,41	51854	0
8	0,21	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	23,19	51854	0
9	0,24	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	17,84	51854	0
10	0,27	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	14,17	51854	0
11	0,30	100,00	80,00	1,13	1,13	0	3271	11,53	51854	0

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,03	100,00	80,00	1,13	1,13	0,01	0,03	3,05	-0,04
14	0,06	100,00	80,00	1,13	1,13	0,06	0,05	12,15	-0,15
15	0,09	100,00	80,00	1,13	1,13	0,12	0,08	27,23	-0,34
16	0,12	100,00	80,00	1,13	1,13	0,22	0,10	48,19	-0,60
17	0,15	100,00	80,00	1,13	1,13	0,34	0,13	74,98	-0,93
18	0,18	100,00	80,00	1,13	1,13	0,49	0,15	107,49	-1,33
19	0,21	100,00	80,00	1,13	1,13	0,67	0,18	145,66	-1,81
20	0,24	100,00	80,00	1,13	1,13	0,87	0,20	189,41	-2,35
21	0,27	100,00	80,00	1,13	1,13	1,09	0,23	238,66	-2,96
22	0,30	100,00	80,00	1,13	1,13	1,34	0,25	293,33	-3,64

Fondazione di monte

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

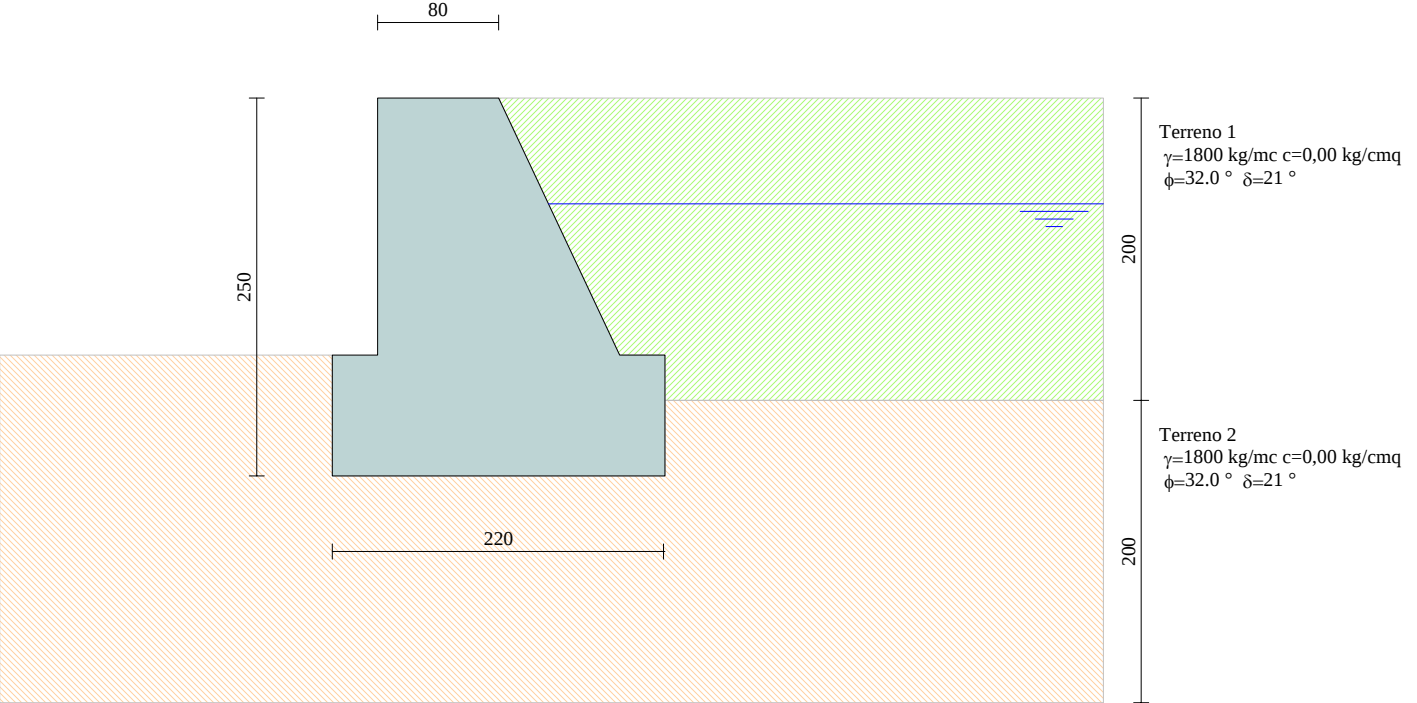
Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	Vcd	Vwd
1	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0	0	1000,00	51854	0
2	0,03	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	1809,78	51854	0

3	0,06	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	455,51	51854	0
4	0,09	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	203,83	51854	0
5	0,12	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	115,44	51854	0
6	0,15	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	74,39	51854	0
7	0,18	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	52,02	51854	0
8	0,21	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	38,49	51854	0
9	0,24	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	29,67	51854	0
10	0,27	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	23,61	51854	0
11	0,30	100,00	80,00	1,13	1,13	0	-3271	19,26	51854	0

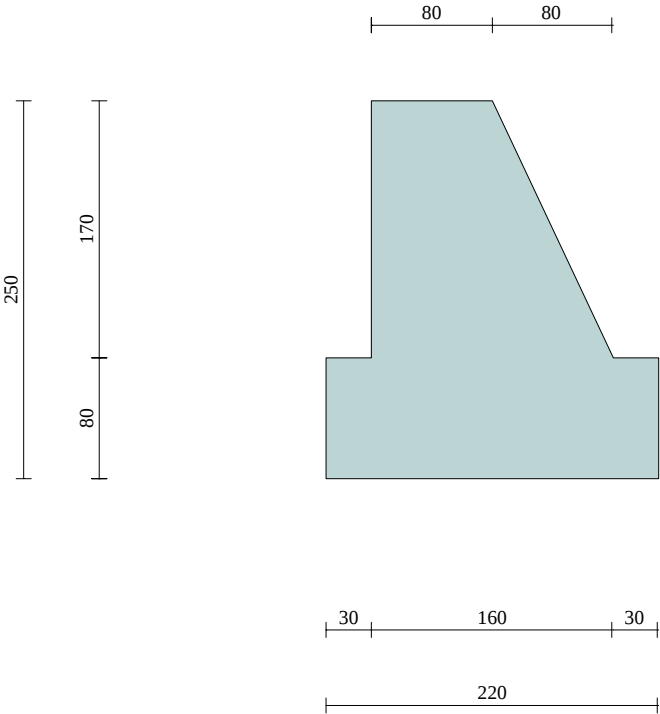
Inviluppo SLE

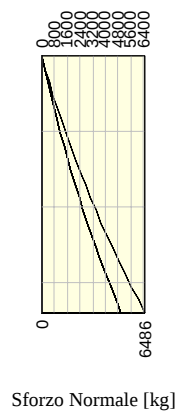
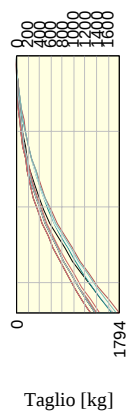
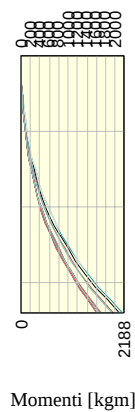
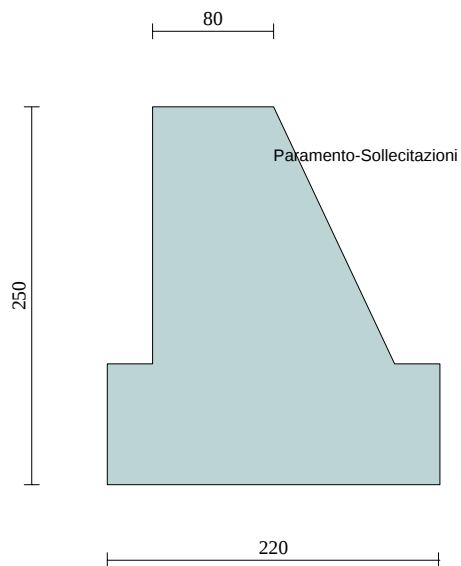
Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0,00	100,00	80,00	1,13	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,03	100,00	80,00	1,13	1,13	0,01	-0,01	-0,02	1,59
14	0,06	100,00	80,00	1,13	1,13	0,03	-0,03	-0,08	6,29
15	0,09	100,00	80,00	1,13	1,13	0,06	-0,04	-0,17	14,03
16	0,12	100,00	80,00	1,13	1,13	0,11	-0,05	-0,31	24,74
17	0,15	100,00	80,00	1,13	1,13	0,18	-0,07	-0,48	38,33
18	0,18	100,00	80,00	1,13	1,13	0,25	-0,08	-0,68	54,72
19	0,21	100,00	80,00	1,13	1,13	0,34	-0,09	-0,92	73,84
20	0,24	100,00	80,00	1,13	1,13	0,44	-0,10	-1,19	95,61
21	0,27	100,00	80,00	1,13	1,13	0,55	-0,11	-1,49	119,95
22	0,30	100,00	80,00	1,13	1,13	0,67	-0,12	-1,82	146,78

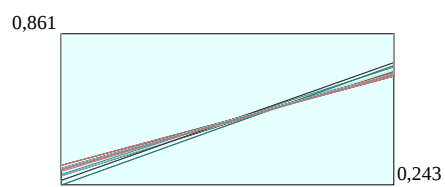
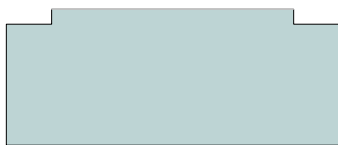


VALLE

MONTE



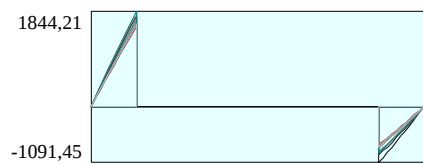




Pressioni sul terreno

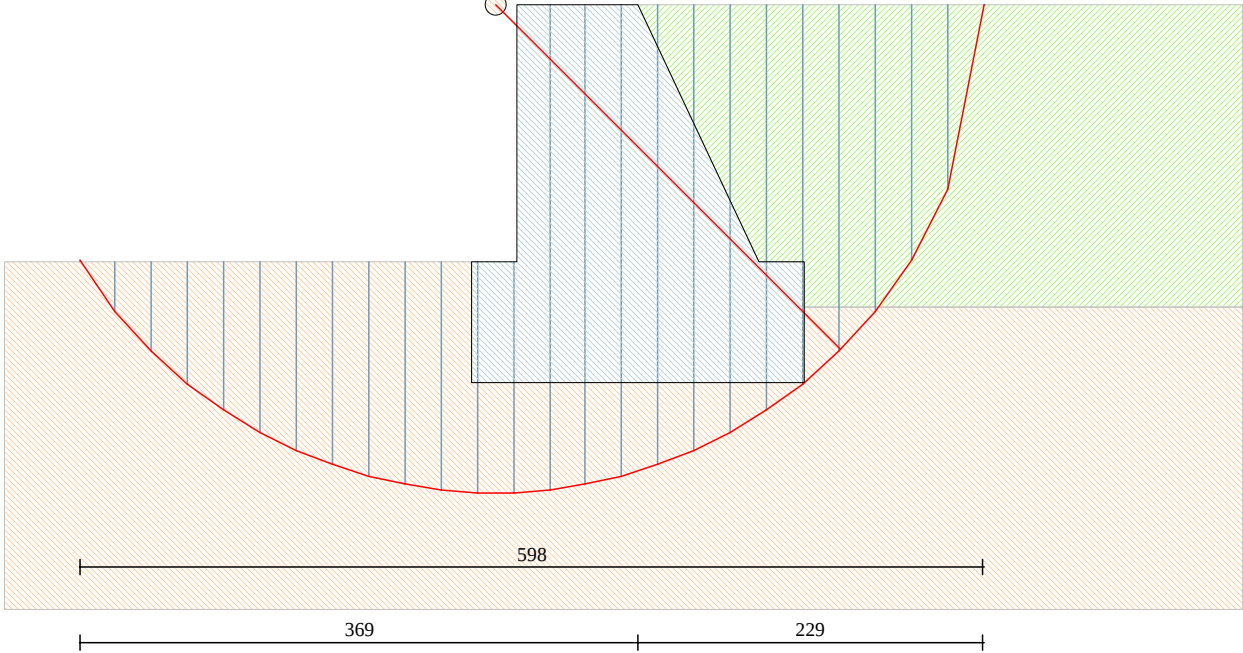


Momento



Taglio

C=1.38
R=3.23 m
X= -0.94 Y= 0.00



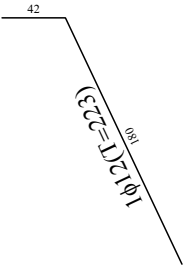
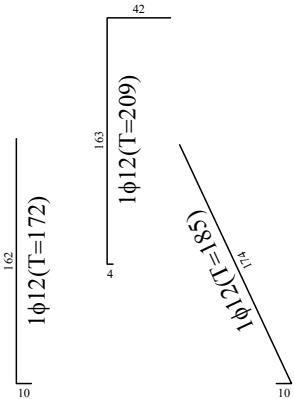
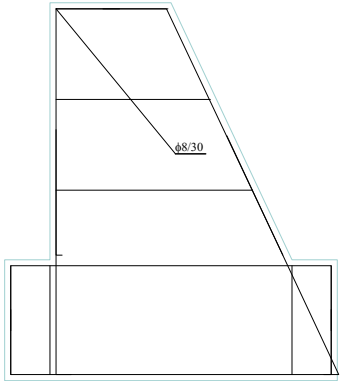
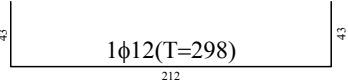
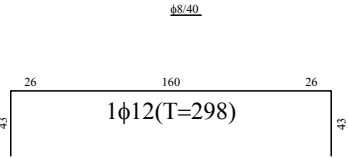
Terreno 1
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00$
 $\phi=32.0^\circ$ $\delta=21^\circ$

Terreno 2
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$ $c=0,00$
 $\phi=32.0^\circ$ $\delta=21^\circ$

VALLE

MONTE

4φ8/mq



4φ8/mq