

Committente:

COMUNE DI STREVI
PROVINCIA DI ALESSANDRIA



Oggetto:

SISTEMAZIONE IDRAULICA TRATTO TERMINALE RIO CROSIO

PROGETTO ESECUTIVO

**CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE -
OPERE DI TRATTENUTA**

SCALA:

Identificazione elaborato	Ambito		Tipologia		Commessa	n° elaborato	
E2PE43615A04a	E	2	P	E	436/15	A	04.a

Dati Progettisti / Consulenti

Ing. Geol. Luigi MARENCO

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della
Provincia di Alessandria n° 1242
Ordine Geologi del Piemonte n° 435

Ing. Giorgia Andrea TOFFOLI

Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della
Provincia di Torino n° 12246F

Rev.	Redatto	Verificato	Validato	Data	Timbri e Firme
1	ing. G. Toffoli	ing. M. Tuberga	ing. L. Marengo	06/17	

Il Responsabile del procedimento:

FIRMA

File: E2PE43615A04a.pdf

GEO sintesi
Associazione tra Professionisti

geol. Edoardo RABAJOLI
ing. Massimo TUBERGA
ing. Luigi MARENCO
geol. Nicola QUARANTA
geol. Teresio BARBERO

C.so Unione Sovietica, 560 - 10135 Torino
Tel. 011 3913194 - Fax. 011 3470903
email : info@geoengineering.torino.it

0	PREMESSA.....	1
1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	1
2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	2
3	PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	2
4	VERIFICHE GEOTECNICHE	6
4.1	Criteri di verifica.....	6
4.1.1	Calcolo delle spinte	6
4.1.2	Verifica al ribaltamento	9
4.1.3	Verifica a scorrimento.....	9
4.1.4	Verifica al carico limite.....	10
4.1.5	Verifica alla stabilità globale	13
4.2	Condizioni di progetto.....	14
4.2.1	Livelli di falda e sovraccarichi stradali	14
4.2.2	Vita nominale e azione sismica	14
5	RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE	16
5.1	Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche.....	16
5.2	Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche	17
5.2.1	Geometria muro e fondazione	17
5.2.2	Materiali utilizzati per la struttura.....	17
5.2.3	Geometria profilo terreno a monte del muro	18
5.2.4	Terreno a valle del muro.....	18
5.2.5	Falda.....	18
5.2.6	Descrizione terreni.....	18
5.2.7	Stratigrafia	18
5.3	Descrizione combinazioni di carico	19
5.3.1	Impostazioni di analisi	20
5.4	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	22
5.5	Analisi della spinta e verifiche	23
5.5.1	Combinazione n° 1	24
5.5.2	Combinazione n° 2	26
5.5.3	Combinazione n° 3	28
5.5.4	Combinazione n° 4	29
5.5.5	Combinazione n° 5	30
5.5.6	Combinazione n° 6	32
5.5.7	Combinazione n° 7	34
5.5.8	Combinazione n° 8	36
5.5.9	Combinazione n° 9	38
5.5.10	Combinazione n° 10	38
5.5.11	Combinazione n° 11	39
5.5.12	Combinazione n° 12	40
5.5.13	Combinazione n° 13	41
5.5.14	Combinazione n° 14	43
5.5.15	Combinazione n° 15	45
5.6	Verifica dei montanti in acciaio.....	48

0 PREMESSA

Nel seguito si procede all'esposizione alle verifiche statiche e strutturali della briglia di trattenuta del materiale solido trasportato dalla corrente durante eventi di piena sita lungo il Rio Crosio nel settore B, riportando i calcoli di dimensionamento e verifica ai sensi della normativa vigente e in particolare delle NTC 2008.

1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'analisi delle scarpate di erosione manifestatesi, associate alle informazioni desunte dagli affioramenti individuati in corrispondenza della zona di indagine, alle osservazioni visive delle scarpate di scavo ed alla geologia del sito, hanno permesso di definire in modo sufficientemente preciso, con riferimento ai diversi settori di intervento individuati, l'assetto litostratigrafico locale.

Per il settore interessato dall'opera di trattenuta il Rio Crosio risulta scorrere in prossimità del substrato litoide affiorante o sub-affiorante; localmente il medesimo è celato da materiali incoerenti eterogenei, prevalentemente a granulometria medio fine, sino grossolana in prossimità del contatto, riferibili all'alterazione del medesimo ad opera dell'alveo; tali materiali costituiscono un deposito sostanzialmente omogeneo lungo il fondovalle.

Con riferimento ai litotipi interessati dagli interventi in esame, al di sotto della copertura di terreno vegetale, vengono individuate due unità litologiche principali:

- I. l'unità litologica più superficiale (unità II - riferimento relazione geologica, geotecnica e sismica) comprende i depositi sabbiosi ghiaiosi che compongono la coltre superficiale della zona in esame, presente principalmente lungo la sponda idrografica destra; si tratta di materiali con pezzatura eterogenea, per lo più grossolana, caratterizzati da elevata variabilità areale. La variabilità areale è sostanzialmente connessa alla natura deposizionale dei terreni in esame legata alle divagazioni dell'alveo.
- II. il substrato litoide è costituito da marne argillose alternate ad arenarie e sabbie presenti in strati sottili, (Unità litologica III - riferimento relazione geologica, geotecnica e sismica).

Preventivamente alla realizzazione degli interventi sarà necessario rivalutare le assunzioni stratigrafiche adottate, con particolare riferimento al piano di imposta delle

difese antierosive ed all'opera di trattenimento, avendo cure di verificare l'imposta delle opere sul substrato costituente l'unità litologica III.

2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La natura del terreno costituente le unità litologiche II e III non ha permesso la realizzazione di prove in sito tali da fornire in modo oggettivo parametri di resistenza significativi. Ciò in quanto la struttura addensata dei termini alluvionali, con apprezzabile presenza di ciottoli, condiziona la realizzazione delle usuali prove geotecniche in sito; analogamente, il substrato marnoso arenaceo non può essere interessato dalle prove penetrometriche.

Per cui per la definizione dei parametri geotecnici necessari alla progettazione si è dovuto necessariamente far riferimento a dati bibliografici e alle risultanze di precedenti esperienze su terreni analoghi.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di riferimento dei principali parametri geotecnici dei terreni costtuenti il substrato di riferimento. Il limite inferiore potrà applicarsi ai termini di riempimento e/o di riporto a tergo dei paramenti.

TERRENO	STRUTTURA E CONSISTENZA	γ (kNm ⁻³)	ϕ'_p (°)	c' (kPa)	E' (MPa)	ν
Terreno ghiaioso a scheletro grossolano in matrice prevalentemente limoso-sabbiosi con frazione argillosa subordinata	Struttura stratificata lenticolare	19	34 - 42	0 - 10	30	0,30
Substrato marnoso arenaceo	Struttura stratificata	22	32	50	>40	0,30

Legenda: peso di volume (γ), angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ'_p), coesione drenata (c'), modulo di deformabilità (E') e coefficiente di Poisson (ν)

Tabella 1: Caratteristiche litotecniche dei terreni

3 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Sulla base delle analisi svolte al paragrafo precedente è possibile definire un profilo geotecnico di progetto a cui fare riferimento in sede progettuale.

La definizione dei parametri di calcolo è effettuata con riferimento all'approccio agli stati limite in campo geotecnico trattato dagli Eurocodici, che viene introdotto a livello di normativa nazionale attraverso il "Testo unico – Norme Tecniche per le Costruzioni – Gennaio 2008".

Per Stato Limite Ultimo (SLU) si intende lo stato al superamento del quale si ha il collasso strutturale, crolli, perdita di equilibrio, dissesti gravi, ovvero fenomeni che mettono fuori servizio in modo irreversibile la struttura.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Per Stato Limite di Esercizio (SLE) si intende lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione dell'opera.

Nell'ambito del metodo agli stati limite, la misura della sicurezza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti Parziali" di sicurezza espresso dall'espressione

$$E_d \leq R_d$$

dove:

R_d = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

E_d = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni, nelle combinazioni di carico di cui ai punti successivi

La resistenza R_d è determinata:

$$R_d = 1/\gamma_R R [\gamma_F F_K; X_k/\gamma_M; a_d]$$

E l'effetto delle azioni risulta:

$$E_d = E [\gamma_F F_K; X_k/\gamma_M; a_d]$$

In cui l'effetto delle azioni e resistenze sono espresse in funzione delle azioni di progetto F , dei parametri di progetto X e della geometria di progetto a .

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficiente parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnica (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2, e R3).

La resistenza di progetto può essere determinata:

- in modo analitico, con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici di resistenza (angolo di attrito, coesione, etc.) divisi per un coefficiente parziale

γ_M e tenendo conto ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specifici per ogni tipo di opera sulla base di misure dirette, tenendo conto di specifici coefficienti parziali γ_R specifici per ogni tipo di opera

- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con I risultati di prove in sito, tenendo conto di specifici coefficienti parziali γ_R specifici per ogni tipo di opera

Le azioni di progetto E_d sono determinate, a partire da un valore caratteristico, amplificandolo mediante i coefficienti parziali γ_F .

Per le diverse condizioni nella verifica agli Stati Limite Ultimi (SLU), il T.U. Gennaio 2008 individua i seguenti coefficienti parziali:

Azioni (EQU)

AZIONE	Simbologia coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	γ_{G1}	1,1
Permanente favorevole		0,9
Permanente non strutturale favorevole	γ_{G2}	1,5
Permanente non strutturale sfavorevole		0,0
Variabile sfavorevole	γ_Q	1,5
Variabile favorevole		0,0

Azioni (A1) STR

AZIONE	Simbologia coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	γ_G	1,3
Permanente favorevole		1,0
Permanente non strutturale sfavorevole	γ_{G2}	1,5
Permanente non strutturale favorevole		0,0
Variabile sfavorevole	γ_Q	1,5
Variabile favorevole		0,0

Azioni (A2) GEO

AZIONE	Simbologia	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	γ_G	1,0
Permanente favorevole		1,0
Permanente non strutturale sfavorevole	γ_{G2}	1,3
Permanente non strutturale favorevole		0,0
Variabile sfavorevole	γ_Q	1,3
Variabile favorevole		0,0

Resistenze (M1)

AZIONE	Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	1,0
Coesione efficace	c'_k	1,0
Resistenza non drenata	c_{u_k}	1,0
Peso dell'unità di volume	γ	1,0

Resistenze (M2)

AZIONE	Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	1,25
Coesione efficace	c'_k	1,25
Resistenza non drenata	c_{u_k}	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	1,0

Per le diverse problematiche di progetto sarà possibile definire il profilo geotecnico di progetto.

4 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche vengono eseguite in accordo con il DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE 14 GENNAIO 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”

Le verifiche sono state condotte con riferimento alle opere di sottoscarpa in gabbioni metallici previste in corrispondenza del settore di coronamento del pendio di intervento.

4.1 Criteri di verifica

Il calcolo delle opere di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi in condizioni statiche e dinamiche (presenza di sisma):

- Calcolo della spinta del terreno e dei sovraccarichi stradali
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

4.1.1 Calcolo delle spinte

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 parte pari a:

$$\varepsilon' = \varepsilon + \vartheta$$

$$\beta' = \beta + \vartheta$$

dove $\vartheta = \arctan \frac{k_h}{1 \pm k_v}$ 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

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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

dove il coefficiente A vale

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

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:

$$F_{iH} = k_h W$$

$$F_{iV} = \pm k_v W$$

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.

4.1.2 Verifica al 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 .

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

Deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza

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

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante. Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

4.1.3 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 $\eta_s \geq 1.0$

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

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.

4.1.4 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 $\eta_q \geq 1.0$.

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui d_c, d_q, d_γ sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

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

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

Fattori di forma

$$\text{per } \phi=0 \quad s_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$\text{per } \phi>0 \quad s_c = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \arctan \frac{D}{B} \quad \text{se } \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

$$\text{per } \phi=0 \quad d_c = 0.4k$$

$$\text{per } \phi>0 \quad d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$\gamma = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B , L e all'eccentricità del carico e_B , e_L dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ e $L' = L - 2e_L$) e con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta = 0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$\text{per } \phi = 0 \quad i_c = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \tan \phi} \right)^5$$

$$\text{per } \eta = 0 \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi} \right)^5$$

$$\text{per } \eta > 0 \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H - \eta^\circ / 450^\circ}{V + A_f c_a \operatorname{ctg} \phi} \right)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$\text{per } \phi = 0 \quad b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = e^{-2\eta \operatorname{tg} \phi}$$

$$b_\gamma = e^{-2.7\eta \operatorname{tg} \phi}$$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$\text{per } \phi = 0 \quad g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$\text{per } \phi > 0 \quad g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.05 \tan \beta)^\delta$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \tan \delta + A_r c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

4.1.5 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.

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

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

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

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

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} , c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito)

lungo la base della striscia ed u_f è la pressione neutra lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

4.2 Condizioni di progetto

4.2.1 Livelli di falda e sovraccarichi stradali

La falda acquifera in condizioni ordinarie di esercizio risulta assente mentre si è tenuto conto dei diversi livelli di piena del Rio che potrebbero indurre diversi livelli di saturazione tra monte e valle dell'opera (condizione di svaso rapido).

Si è assunto un dislivello fra monte e valle di 1,00 m.

4.2.2 Vita nominale e azione sismica

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Il D.M. 14/01/2008, ad esempio, prevede per opere ordinarie una vita nominale > 50 anni. I manufatti in oggetto sono classificabili come struttura "ordinaria", e pertanto ha vita nominale $VN = 50$ anni.

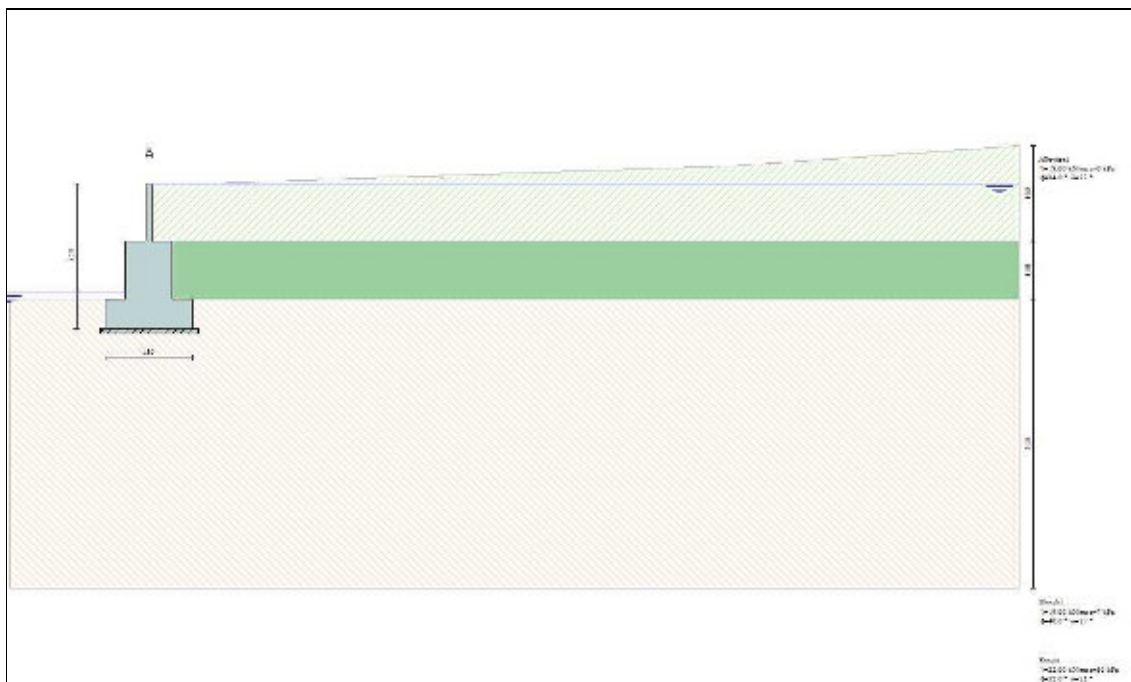
Parametri di progetto secondo NTC

Vita nominale VN:	50 anni
Classe d'uso:	Classe II
Coefficiente d'uso	1
Periodo di riferimento VR:	50
Categoria del sottosuolo	A
Coefficiente stratigrafico	1,0
Categoria topografica:	T1
Amplificazione topografica ST	1
Zona sismica del sito	3
Coordinate del sito Long. = 7,4507 Lat. = 45,155 (Strevi)	
Accelerazione al suolo a_g	0,61 [m/s ²]
Coefficiente riduzione (β_m)	0,20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 1,24$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v = 0,50 * k_h = 0,62$

5 RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE

Si è fatto riferimento alla situazione più gravosa rappresentata dalla seguente geometria:



5.1 Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

5.2 Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

5.2.1 Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gradoni in c.a.

Descrizione dei gradoni

Simbologia adottata

Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
α_e	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
α_i	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	α_e	α_i
1	0,10	0,10	1,00	0,00	0,00
2	0,80	0,80	1,00	0,00	0,00

Altezza del paramento 2,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,35 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,35 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,50 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

5.2.2 Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico 25,000 [kN/mc]

Classe di Resistenza	C28/35
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	35000 [kPa]
Modulo elastico E	32587986 [kPa]
<i>Acciaio</i>	
Tipo	FeB44K
Tensione di snervamento σ_{1a}	431499 [kPa]

5.2.3 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	1,00	0,00	0,00
2	10,00	0,30	1,91
3	15,00	0,65	4,00

5.2.4 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]

5.2.5 Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione	2,50	[m]
Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	0,60	[m]

5.2.6 Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coazione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
σ_d	Tensione di progetto espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a	σ_d
Alluvioni	19,00	19,00	34,00	22,67	0,0	0,0	200
Roccia	22,00	22,00	32,00	21,33	50,0	25,0	300
Blocchi	19,00	19,00	40,00	26,67	7,5	0,0	0

5.2.7 Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
K _w	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
K _s	Coefficiente di spinta

	Terreno	Terreno dello strato				
Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno	
1	1,00	0,00	7,52	0,00	Alluvioni	
2	1,00	0,00	0,00	0,00	Blocchi	
3	5,00	0,00	11,56	0,00	Roccia	

5.3 Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,30	1.00	1,30
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,30	1.00	1,30
Spinta terreno	SFAV	1,30	1.00	1,30

Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10

Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 7 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma^* \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

5.3.1 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

Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Valori limite delle aperture delle fessure

Sensibile

 $w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.30$ $w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

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

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_t < 0.80 f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ Calcolo della portanza metodo di HansenCoefficiente correttivo su N_y per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00Coefficiente correttivo su N_y per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00**Impostazioni avanzate**

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

Terreno a monte a elevata permeabilità

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

5.4 Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{sco}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{rib}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{qlim}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{stab}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1,45	--	2,68	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,32	--	3,39	--
3	EQU - [1]	--	--	1,32	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	4,94
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,60	--	3,33	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,63	--	3,34	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,27	--	3,25	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,25	--	3,24	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1,55	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1,57	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	4,80
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	4,84
13	SLEQ - [1]	--	1,69	--	3,48	--
14	SLEF - [1]	--	1,69	--	3,48	--
15	SLER - [1]	--	1,69	--	3,48	--

5.5 Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)
 Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
 Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	rif. CP 2004 - normativa USA
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	44.699007
Longitudine	8.523309
Comune	Strevi
Provincia	Alessandria
Regione	Piemonte
Punti di interpolazione del reticolo	15580 - 15581 - 15359 - 15358

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie
non pericolose	
Vita di riferimento	50 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	0.61 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.24$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.62$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.24 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.20
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.49$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.25$

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

Partecipazione spinta passiva (percento)	50,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Peso muro	53,6250 [kN]
Baricentro del muro	X=-0,05 Y=-1,78

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,70	Y = -2,50
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,70	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	2,50	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00	[°]

5.5.1 Combinazione n° 1

Valore della spinta statica	1,5297	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,4116	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,5895	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	22,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	64,42	[°]		

Spinta falda	39,8401	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	11,4740	[kN]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	25,9350	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	41,2517	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	68,6755	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2,4802	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	68,6755	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	41,2517	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,23	[m]		
Risultante in fondazione	80,1126	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	30,99	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	23,4540	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	183,8164	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,23	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	112,08	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.45
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.68

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,3309	0,0023	0,0778
3	0,20	0,6734	0,0196	0,3111
4	0,30	1,0277	0,0674	0,6999
5	0,40	1,3937	0,1612	1,2442
6	0,50	1,7714	0,3167	1,9441
7	0,60	2,1608	0,5494	2,7995
8	0,70	2,5619	0,8748	3,8104
9	0,80	2,9747	1,3084	4,9769
10	0,90	3,3993	1,8660	6,2989
11	1,00	3,8355	2,5629	7,7764
12	1,00	12,4788	0,4134	7,7723
13	1,10	15,1040	1,2501	9,1611
14	1,20	17,7040	2,2385	10,6272
15	1,30	20,3040	3,3798	12,2208
16	1,40	22,9040	4,6869	13,9419
17	1,50	25,5040	6,1725	15,7905
18	1,60	28,1040	7,8493	17,7666
19	1,70	30,7040	9,7300	19,8702
20	1,80	33,3040	11,8275	22,1012
21	1,90	35,9040	14,1545	24,4597
22	2,00	38,5040	16,7237	26,9458

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0580	3,2981
3	0,07	0,2296	6,4842
4	0,10	0,5106	9,5583
5	0,14	0,8973	12,5203
6	0,18	1,3857	15,3702
7	0,21	1,9719	18,1081
8	0,24	2,6520	20,7340
9	0,28	3,4220	23,2478
10	0,32	4,2780	25,6496
11	0,35	5,2162	27,9394

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0402	-2,2978
3	0,07	-0,1608	-4,5955
4	0,10	-0,3619	-6,8932
5	0,14	-0,6434	-9,1910
6	0,17	-1,0053	-11,4887
7	0,21	-1,4476	-13,7865
8	0,24	-1,9703	-16,0842
9	0,28	-2,5735	-18,3806
10	0,31	-3,2561	-20,6050
11	0,35	-4,0145	-22,7172

5.5.2 Combinazione n° 2

Valore della spinta statica	1,4755	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,3994	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4675	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,47	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	61,14	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
<i>Risultanti</i>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	32,0457	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	52,8414	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1,9948	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	52,8414	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	32,0457	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,35	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,19	[m]		
Risultante in fondazione	61,7992	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	31,23	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	18,6042	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	179,0656	[kN]		
<i>Tensioni sul terreno</i>				
Lunghezza fondazione reagente	1,19	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	88,53	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.32
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.39

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 2

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,2546	0,0019	0,0629
3	0,20	0,5185	0,0158	0,2515
4	0,30	0,7916	0,0545	0,5658
5	0,40	1,0739	0,1304	1,0059
6	0,50	1,3655	0,2562	1,5717
7	0,60	1,6664	0,4443	2,2632
8	0,70	1,9764	0,7075	3,0805
9	0,80	2,2958	1,0581	4,0235
10	0,90	2,6243	1,5089	5,0922
11	1,00	2,9621	2,0724	6,2866
12	1,00	9,6109	0,4149	6,2829
13	1,10	11,6310	1,0895	7,3627
14	1,20	13,6310	1,8813	8,4905
15	1,30	15,6310	2,7909	9,7164
16	1,40	17,6310	3,8279	11,0403
17	1,50	19,6310	5,0022	12,4623
18	1,60	21,6310	6,3236	13,9823
19	1,70	23,6310	7,8019	15,6005
20	1,80	25,6310	9,4470	17,3167
21	1,90	27,6310	11,2685	19,1309
22	2,00	29,6310	13,2764	21,0432

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 2

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0460	2,6156
3	0,07	0,1820	5,1403
4	0,10	0,4048	7,5742
5	0,14	0,7112	9,9172
6	0,18	1,0979	12,1695
7	0,21	1,5620	14,3308
8	0,24	2,1000	16,4013
9	0,28	2,7090	18,3810
10	0,32	3,3857	20,2698
11	0,35	4,1268	22,0678

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 2

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0309	-1,7675
3	0,07	-0,1237	-3,5350
4	0,10	-0,2784	-5,3025
5	0,14	-0,4949	-7,0700
6	0,17	-0,7733	-8,8375
7	0,21	-1,1135	-10,6050
8	0,24	-1,5156	-12,3725
9	0,28	-1,9796	-14,1400
10	0,31	-2,5054	-15,9046
11	0,35	-3,0921	-17,6040

5.5.3 Combinazione n° 3

Valore della spinta statica	1,6230	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,5394	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,5143	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,47	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60,76	[°]		
Spinta falda	33,7109	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	9,7087	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	17,9550	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
<i>Risultanti</i>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	35,2503	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	45,8856	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1,7953	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	38,1900	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	50,3108	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	45,8856	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	35,2503	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,49	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	0,79	[m]		
Risultante in fondazione	57,8625	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	37,53	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	22,2934	[kNm]		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA				
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.32			

5.5.4 Combinazione n° 4

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 4

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,20 Y[m]= 0,59

Raggio del cerchio R[m]= 3,22

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,12

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,99

Larghezza della striscia dx[m]= 0,20

Coefficiente di sicurezza C= 4.94

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	1,3319	73.58	1,2776	0,0071	28.35	0	3
2	3,4513	63.67	3,0931	0,0045	28.88	1	8
3	4,8194	56.29	4,0089	0,0036	33.87	6	12
4	5,8621	50.17	4,5016	0,0031	33.87	6	14
5	6,7039	44.77	4,7210	0,0028	33.87	6	17
6	7,4012	39.84	4,7411	0,0026	33.87	6	18
7	8,0101	35.24	4,6219	0,0025	28.40	31	20
8	8,5796	30.89	4,4053	0,0023	26.56	40	21
9	9,0590	26.74	4,0759	0,0022	26.56	40	22
10	9,4570	22.73	3,6542	0,0022	26.56	40	23
11	9,7988	18.84	3,1639	0,0021	26.56	40	24
12	10,5222	15.03	2,7292	0,0021	26.56	40	25
13	10,9404	11.30	2,1429	0,0020	26.56	40	25
14	12,0733	7.61	1,5981	0,0020	26.56	40	25
15	12,5707	3.95	0,8657	0,0020	26.56	40	26
16	8,9386	0.31	0,0480	0,0020	26.56	40	7
17	7,4591	-3.33	-0,4336	0,0020	26.56	40	7
18	3,2116	-6.99	-0,3907	0,0020	26.56	40	7
19	2,9272	-10.67	-0,5419	0,0020	26.56	40	7
20	2,5583	-14.40	-0,6361	0,0021	26.56	40	6
21	2,2897	-18.19	-0,7147	0,0021	26.56	40	6
22	1,9529	-22.07	-0,7337	0,0022	26.56	40	5
23	1,5426	-26.05	-0,6775	0,0022	26.56	40	4
24	1,0514	-30.18	-0,5286	0,0023	26.56	40	3
25	0,4695	-34.49	-0,2658	0,0024	26.56	40	2

$\Sigma W_i = 152,9815$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 44,7257$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 81,2819$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.08$

5.5.5 Combinazione n° 5

Valore della spinta statica	1,1767	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,0858	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4535	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	22,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	65,42	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,0541	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	65,04	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
Inerzia del muro	0,5112	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,2556	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,2473	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0,1236	[kN]		
<i><u>Risultanti</u></i>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	32,5405	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	52,4690	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2,4802	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	52,4690	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	32,5405	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,36	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,17	[m]		
Risultante in fondazione	61,7404	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	31,81	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	18,9540	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	174,9409	[kN]		
<i><u>Tensioni sul terreno</u></i>				
Lunghezza fondazione reagente	1,17	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	89,98	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.60
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.33

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 5

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,2547	0,0019	0,0634
3	0,20	0,5188	0,0158	0,2474
4	0,30	0,7923	0,0535	0,5520
5	0,40	1,0753	0,1274	0,9772
6	0,50	1,3676	0,2492	1,5229
7	0,60	1,6693	0,4313	2,1893
8	0,70	1,9805	0,6855	2,9763
9	0,80	2,3011	1,0239	3,8839
10	0,90	2,6310	1,4587	4,9120
11	1,00	2,9704	2,0019	6,0607
12	1,00	9,6190	0,3415	6,0575
13	1,10	11,6393	0,9940	7,1523
14	1,20	13,6393	1,7661	8,3049
15	1,30	15,6393	2,6583	9,5555
16	1,40	17,6393	3,6804	10,9042
17	1,50	19,6393	4,8424	12,3510
18	1,60	21,6393	6,1539	13,8958
19	1,70	23,6393	7,6248	15,5387
20	1,80	25,6393	9,2649	17,2797
21	1,90	27,6393	11,0840	19,1188
22	2,00	29,6393	13,0920	21,0559

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 5

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0469	2,6644
3	0,07	0,1854	5,2344
4	0,10	0,4122	7,7098
5	0,14	0,7240	10,0907
6	0,18	1,1175	12,3772
7	0,21	1,5893	14,5691
8	0,24	2,1362	16,6665
9	0,28	2,7548	18,6694
10	0,32	3,4419	20,5777
11	0,35	4,1942	22,3916

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 5

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0309	-1,7675
3	0,07	-0,1237	-3,5350
4	0,10	-0,2784	-5,3025
5	0,14	-0,4949	-7,0700
6	0,17	-0,7733	-8,8375
7	0,21	-1,1135	-10,6050
8	0,24	-1,5156	-12,3725
9	0,28	-1,9796	-14,1400
10	0,31	-2,5054	-15,9075
11	0,35	-3,0931	-17,6648

5.5.6 Combinazione n° 6

Valore della spinta statica	1,1767	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,0858	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4535	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	22,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	65,42	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,0687	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	64,98	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
Inerzia del muro	0,5112	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,2556	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,2473	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,1236	[kN]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	32,5540	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	53,2331	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2,4802	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	53,2331	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	32,5540	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,35	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,19	[m]		
Risultante in fondazione	62,3981	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	31,45	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	18,8611	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	178,0600	[kN]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	1,19	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	89,69	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.63
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.34

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 6

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,2548	0,0019	0,0635
3	0,20	0,5190	0,0158	0,2479
4	0,30	0,7928	0,0536	0,5532
5	0,40	1,0762	0,1276	0,9793
6	0,50	1,3690	0,2497	1,5263
7	0,60	1,6714	0,4321	2,1941
8	0,70	1,9832	0,6869	2,9828
9	0,80	2,3046	1,0260	3,8924
10	0,90	2,6356	1,4618	4,9228
11	1,00	2,9759	2,0061	6,0740
12	1,00	9,6246	0,3437	6,0708
13	1,10	11,6451	0,9975	7,1661
14	1,20	13,6451	1,7709	8,3187
15	1,30	15,6451	2,6645	9,5693
16	1,40	17,6451	3,6881	10,9180
17	1,50	19,6451	4,8514	12,3648
18	1,60	21,6451	6,1643	13,9096
19	1,70	23,6451	7,6366	15,5525
20	1,80	25,6451	9,2781	17,2935
21	1,90	27,6451	11,0986	19,1326
22	2,00	29,6451	13,1079	21,0697

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 6

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0467	2,6553
3	0,07	0,1848	5,2181
4	0,10	0,4109	7,6883
5	0,14	0,7219	10,0659
6	0,18	1,1145	12,3510
7	0,21	1,5854	14,5436
8	0,24	2,1314	16,6436
9	0,28	2,7494	18,6510
10	0,32	3,4359	20,5659
11	0,35	4,1879	22,3882

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 6

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0309	-1,7675

3	0,07	-0,1237	-3,5350
4	0,10	-0,2784	-5,3025
5	0,14	-0,4949	-7,0700
6	0,17	-0,7733	-8,8375
7	0,21	-1,1135	-10,6050
8	0,24	-1,5156	-12,3725
9	0,28	-1,9796	-14,1400
10	0,31	-2,5054	-15,9073
11	0,35	-3,0925	-17,6231

5.5.7 Combinazione n° 7

Valore della spinta statica	1,4755	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,3994	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4675	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,47	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	61,14	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,0793	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	60,64	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
Inerzia del muro	0,5112	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,2556	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,2473	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,1236	[kN]		
<i>Risultanti</i>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	32,8794	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	53,2458	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1,9948	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	53,2458	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	32,8794	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,37	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,15	[m]		
Risultante in fondazione	62,5793	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	31,70	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	19,4463	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	173,1523	[kN]		
<i>Tensioni sul terreno</i>				
Lunghezza fondazione reagente	1,15	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	92,25	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.27
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.25

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,2549	0,0020	0,0667
3	0,20	0,5195	0,0166	0,2606
4	0,30	0,7938	0,0564	0,5816
5	0,40	1,0778	0,1342	1,0298
6	0,50	1,3716	0,2627	1,6052
7	0,60	1,6751	0,4547	2,3078
8	0,70	1,9883	0,7227	3,1375
9	0,80	2,3112	1,0796	4,0945
10	0,90	2,6439	1,5381	5,1786
11	1,00	2,9862	2,1108	6,3897
12	1,00	9,6350	0,4448	6,3859
13	1,10	11,6562	1,1307	7,4932
14	1,20	13,6562	1,9369	8,6457
15	1,30	15,6562	2,8632	9,8964
16	1,40	17,6562	3,9194	11,2451
17	1,50	19,6562	5,1154	12,6919
18	1,60	21,6562	6,4611	14,2367
19	1,70	23,6562	7,9661	15,8796
20	1,80	25,6562	9,6402	17,6206
21	1,90	27,6562	11,4934	19,4596
22	2,00	29,6562	13,5354	21,3968

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0483	2,7424
3	0,07	0,1908	5,3869
4	0,10	0,4242	7,9335
5	0,14	0,7450	10,3822
6	0,18	1,1498	12,7330
7	0,21	1,6352	14,9858
8	0,24	2,1977	17,1408
9	0,28	2,8339	19,1979
10	0,32	3,5404	21,1571
11	0,35	4,3138	23,0184

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0309	-1,7675
3	0,07	-0,1237	-3,5350
4	0,10	-0,2784	-5,3025
5	0,14	-0,4949	-7,0700
6	0,17	-0,7733	-8,8375
7	0,21	-1,1135	-10,6050
8	0,24	-1,5156	-12,3725
9	0,28	-1,9796	-14,1400
10	0,31	-2,5054	-15,9075
11	0,35	-3,0931	-17,6742

5.5.8 Combinazione n° 8

Valore della spinta statica	1,4755	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,3994	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4675	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,47	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	61,14	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,0610	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	60,70	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
Inerzia del muro	0,5112	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,2556	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,2473	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0,1236	[kN]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	32,8620	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	52,4815	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1,9948	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	52,4815	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	32,8620	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,37	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,13	[m]		
Risultante in fondazione	61,9211	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	32,05	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	19,5323	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	170,0217	[kN]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	1,13	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	92,60	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.25
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.24

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,2548	0,0020	0,0665
3	0,20	0,5192	0,0166	0,2599
4	0,30	0,7932	0,0563	0,5801
5	0,40	1,0769	0,1339	1,0271
6	0,50	1,3701	0,2621	1,6009
7	0,60	1,6730	0,4535	2,3016
8	0,70	1,9855	0,7209	3,1292
9	0,80	2,3076	1,0769	4,0835
10	0,90	2,6393	1,5341	5,1647
11	1,00	2,9805	2,1054	6,3726
12	1,00	9,6293	0,4414	6,3689
13	1,10	11,6502	1,1257	7,4755
14	1,20	13,6502	1,9300	8,6281
15	1,30	15,6502	2,8545	9,8787
16	1,40	17,6502	3,9090	11,2274
17	1,50	19,6502	5,1033	12,6742
18	1,60	21,6502	6,4471	14,2190
19	1,70	23,6502	7,9504	15,8619
20	1,80	25,6502	9,6228	17,6029
21	1,90	27,6502	11,4742	19,4419
22	2,00	29,6502	13,5144	21,3791

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0485	2,7536
3	0,07	0,1916	5,4070
4	0,10	0,4258	7,9604
5	0,14	0,7476	10,4137
6	0,18	1,1536	12,7670
7	0,21	1,6402	15,0201
8	0,24	2,2038	17,1732
9	0,28	2,8411	19,2262
10	0,32	3,5485	21,1791
11	0,35	4,3225	23,0319

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0309	-1,7675
3	0,07	-0,1237	-3,5350
4	0,10	-0,2784	-5,3025
5	0,14	-0,4949	-7,0700
6	0,17	-0,7733	-8,8375
7	0,21	-1,1135	-10,6050
8	0,24	-1,5156	-12,3725
9	0,28	-1,9796	-14,1400
10	0,31	-2,5054	-15,9075
11	0,35	-3,0931	-17,6750

5.5.9 Combinazione n° 9

Valore della spinta statica	1,4755	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,3994	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4675	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,47	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	61,14	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,0610	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	60,70	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
Inerzia del muro	0,5112	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0,2556	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,2473	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0,1236	[kN]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	32,8620	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	52,4815	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1,9948	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	35,9452	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	55,7741	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	52,4815	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	32,8620	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,37	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,13	[m]		
Risultante in fondazione	61,9211	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	32,05	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	19,5323	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.55
--	------

5.5.10 Combinazione n° 10

Valore della spinta statica	1,4755	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	1,3994	[kN]
Componente verticale della spinta statica	0,4675	[kN]

Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	18,47	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	61,14	[°]		
Incremento sismico della spinta	0,0793	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	60,64	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
Inerzia del muro	0,5112	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,2556	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,2473	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,1236	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	32,8794	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	53,2458	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1,9948	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	35,6358	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	56,1238	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	53,2458	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	32,8794	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,37	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,15	[m]		
Risultante in fondazione	62,5793	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	31,70	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	19,4463	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.57
--	------

5.5.11 Combinazione n° 11**Stabilità globale muro + terreno****Combinazione n° 11**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,20 Y[m]= 0,59

Raggio del cerchio R[m]= 3,22

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2,12

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,99

Larghezza della striscia dx[m]= 0,20

Coefficiente di sicurezza C= 4.80

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	1,3319	73.58	1,2776	0,0071	28.35	0	3
2	3,4513	63.67	3,0931	0,0045	28.88	1	8
3	4,8194	56.29	4,0089	0,0036	33.87	6	12
4	5,8621	50.17	4,5016	0,0031	33.87	6	14
5	6,7039	44.77	4,7210	0,0028	33.87	6	17
6	7,4012	39.84	4,7411	0,0026	33.87	6	18
7	8,0101	35.24	4,6219	0,0025	28.40	31	20
8	8,5796	30.89	4,4053	0,0023	26.56	40	21
9	9,0590	26.74	4,0759	0,0022	26.56	40	22
10	9,4570	22.73	3,6542	0,0022	26.56	40	23
11	9,7988	18.84	3,1639	0,0021	26.56	40	24
12	10,5222	15.03	2,7292	0,0021	26.56	40	25
13	10,9404	11.30	2,1429	0,0020	26.56	40	25
14	12,0733	7.61	1,5981	0,0020	26.56	40	25
15	12,5707	3.95	0,8657	0,0020	26.56	40	26
16	8,9386	0.31	0,0480	0,0020	26.56	40	7
17	7,4591	-3.33	-0,4336	0,0020	26.56	40	7
18	3,2116	-6.99	-0,3907	0,0020	26.56	40	7
19	2,9272	-10.67	-0,5419	0,0020	26.56	40	7
20	2,5583	-14.40	-0,6361	0,0021	26.56	40	6
21	2,2897	-18.19	-0,7147	0,0021	26.56	40	6
22	1,9529	-22.07	-0,7337	0,0022	26.56	40	5
23	1,5426	-26.05	-0,6775	0,0022	26.56	40	4
24	1,0514	-30.18	-0,5286	0,0023	26.56	40	3
25	0,4695	-34.49	-0,2658	0,0024	26.56	40	2

$$\Sigma W_i = 152,9815 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 44,7257 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 81,2819 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.08$$

5.5.12 Combinazione n° 12

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 [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [$^{\circ}$] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,20 Y[m]= 0,59

Raggio del cerchio R[m]= 3,22

Ascissa a valle del cerchio X_i[m]= -2,12

Ascissa a monte del cerchio X_s[m]= 2,99

Larghezza della striscia dx[m]= 0,20

Coefficiente di sicurezza C= 4.84

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	1,3319	73.58	1,2776	0,0071	28.35	0	3
2	3,4513	63.67	3,0931	0,0045	28.88	1	8
3	4,8194	56.29	4,0089	0,0036	33.87	6	12
4	5,8621	50.17	4,5016	0,0031	33.87	6	14
5	6,7039	44.77	4,7210	0,0028	33.87	6	17
6	7,4012	39.84	4,7411	0,0026	33.87	6	18
7	8,0101	35.24	4,6219	0,0025	28.40	31	20
8	8,5796	30.89	4,4053	0,0023	26.56	40	21
9	9,0590	26.74	4,0759	0,0022	26.56	40	22
10	9,4570	22.73	3,6542	0,0022	26.56	40	23
11	9,7988	18.84	3,1639	0,0021	26.56	40	24
12	10,5222	15.03	2,7292	0,0021	26.56	40	25
13	10,9404	11.30	2,1429	0,0020	26.56	40	25
14	12,0733	7.61	1,5981	0,0020	26.56	40	25
15	12,5707	3.95	0,8657	0,0020	26.56	40	26
16	8,9386	0.31	0,0480	0,0020	26.56	40	7
17	7,4591	-3.33	-0,4336	0,0020	26.56	40	7
18	3,2116	-6.99	-0,3907	0,0020	26.56	40	7
19	2,9272	-10.67	-0,5419	0,0020	26.56	40	7
20	2,5583	-14.40	-0,6361	0,0021	26.56	40	6
21	2,2897	-18.19	-0,7147	0,0021	26.56	40	6
22	1,9529	-22.07	-0,7337	0,0022	26.56	40	5
23	1,5426	-26.05	-0,6775	0,0022	26.56	40	4
24	1,0514	-30.18	-0,5286	0,0023	26.56	40	3
25	0,4695	-34.49	-0,2658	0,0024	26.56	40	2

 $\Sigma W_i = 152,9815$ [kN] $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 44,7257$ [kN] $\Sigma W_i \tan \phi_i = 81,2819$ [kN] $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.08$

5.5.13 Combinazione n° 13

Valore della spinta statica	1,1767	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,0858	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4535	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	22,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	65,42	[°]		

Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	31,7321	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	52,8273	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2,4802	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	52,8273	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	31,7321	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,23	[m]		
Risultante in fondazione	61,6251	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	30,99	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	18,0415	[kNm]		

Carico ultimo della fondazione 183,8164 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 1,23 [m]
 Tensione terreno allo spigolo di valle 86,22 [kPa]
 Tensione terreno allo spigolo di monte 0,00 [kPa]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.69
 Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 3.48

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 13

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,2545	0,0018	0,0598
3	0,20	0,5180	0,0151	0,2393
4	0,30	0,7905	0,0518	0,5384
5	0,40	1,0721	0,1240	0,9571
6	0,50	1,3626	0,2436	1,4955
7	0,60	1,6621	0,4226	2,1535
8	0,70	1,9707	0,6729	2,9311
9	0,80	2,2883	1,0065	3,8284
10	0,90	2,6148	1,4354	4,8453
11	1,00	2,9504	1,9714	5,9819
12	1,00	9,5991	0,3180	5,9787
13	1,10	11,6185	0,9616	7,0470
14	1,20	13,6185	1,7219	8,1748
15	1,30	15,6185	2,5999	9,4006
16	1,40	17,6185	3,6053	10,7246
17	1,50	19,6185	4,7481	12,1466
18	1,60	21,6185	6,0379	13,6666
19	1,70	23,6185	7,4846	15,2847
20	1,80	25,6185	9,0981	17,0009
21	1,90	27,6185	10,8881	18,8152
22	2,00	29,6185	12,8644	20,7275

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 13

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0446	2,5370
3	0,07	0,1766	4,9879
4	0,10	0,3928	7,3525
5	0,14	0,6903	9,6310
6	0,18	1,0660	11,8232
7	0,21	1,5169	13,9293
8	0,24	2,0400	15,9492
9	0,28	2,6323	17,8830
10	0,32	3,2908	19,7305

11 0,35 4,0124 21,4918

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 13

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 kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0309	-1,7675
3	0,07	-0,1237	-3,5350
4	0,10	-0,2784	-5,3025
5	0,14	-0,4949	-7,0700
6	0,17	-0,7733	-8,8375
7	0,21	-1,1135	-10,6050
8	0,24	-1,5156	-12,3725
9	0,28	-1,9796	-14,1390
10	0,31	-2,5047	-15,8500
11	0,35	-3,0881	-17,4748

5.5.14 Combinazione n° 14

Valore della spinta statica	1,1767	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,0858	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4535	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	22,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	65,42	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
Risultanti				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	31,7321	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	52,8273	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2,4802	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	52,8273	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	31,7321	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,23	[m]		
Risultante in fondazione	61,6251	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	30,99	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	18,0415	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	183,8164	[kN]		
Tensioni sul terreno				
Lunghezza fondazione reagente	1,23	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	86,22	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.69

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

3.48

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 14

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,2545	0,0018	0,0598
3	0,20	0,5180	0,0151	0,2393
4	0,30	0,7905	0,0518	0,5384
5	0,40	1,0721	0,1240	0,9571
6	0,50	1,3626	0,2436	1,4955
7	0,60	1,6621	0,4226	2,1535
8	0,70	1,9707	0,6729	2,9311
9	0,80	2,2883	1,0065	3,8284
10	0,90	2,6148	1,4354	4,8453
11	1,00	2,9504	1,9714	5,9819
12	1,00	9,5991	0,3180	5,9787
13	1,10	11,6185	0,9616	7,0470
14	1,20	13,6185	1,7219	8,1748
15	1,30	15,6185	2,5999	9,4006
16	1,40	17,6185	3,6053	10,7246
17	1,50	19,6185	4,7481	12,1466
18	1,60	21,6185	6,0379	13,6666
19	1,70	23,6185	7,4846	15,2847
20	1,80	25,6185	9,0981	17,0009
21	1,90	27,6185	10,8881	18,8152
22	2,00	29,6185	12,8644	20,7275

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 14

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0446	2,5370
3	0,07	0,1766	4,9879
4	0,10	0,3928	7,3525
5	0,14	0,6903	9,6310
6	0,18	1,0660	11,8232
7	0,21	1,5169	13,9293
8	0,24	2,0400	15,9492
9	0,28	2,6323	17,8830
10	0,32	3,2908	19,7305
11	0,35	4,0124	21,4918

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 14

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0309	-1,7675
3	0,07	-0,1237	-3,5350
4	0,10	-0,2784	-5,3025
5	0,14	-0,4949	-7,0700
6	0,17	-0,7733	-8,8375
7	0,21	-1,1135	-10,6050
8	0,24	-1,5156	-12,3725
9	0,28	-1,9796	-14,1390
10	0,31	-2,5047	-15,8500
11	0,35	-3,0881	-17,4748

5.5.15 Combinazione n° 15

Valore della spinta statica	1,1767	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	1,0858	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0,4535	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,70	[m]	Y = -0,67	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	22,67	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	65,42	[°]		
Spinta falda	30,6463	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,70	[m]	Y = -1,67	[m]
Sottospinta falda	8,8261	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	19,9500	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,41	[m]	Y = -0,83	[m]
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	31,7321	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	52,8273	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2,4802	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	52,8273	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	31,7321	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,23	[m]		
Risultante in fondazione	61,6251	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	30,99	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	18,0415	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	183,8164	[kN]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	1,23	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	86,22	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,00	[kPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.69
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.48

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 15

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 kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,10	0,2545	0,0018	0,0598
3	0,20	0,5180	0,0151	0,2393
4	0,30	0,7905	0,0518	0,5384
5	0,40	1,0721	0,1240	0,9571
6	0,50	1,3626	0,2436	1,4955
7	0,60	1,6621	0,4226	2,1535
8	0,70	1,9707	0,6729	2,9311
9	0,80	2,2883	1,0065	3,8284
10	0,90	2,6148	1,4354	4,8453
11	1,00	2,9504	1,9714	5,9819
12	1,00	9,5991	0,3180	5,9787
13	1,10	11,6185	0,9616	7,0470
14	1,20	13,6185	1,7219	8,1748
15	1,30	15,6185	2,5999	9,4006
16	1,40	17,6185	3,6053	10,7246
17	1,50	19,6185	4,7481	12,1466
18	1,60	21,6185	6,0379	13,6666
19	1,70	23,6185	7,4846	15,2847
20	1,80	25,6185	9,0981	17,0009
21	1,90	27,6185	10,8881	18,8152
22	2,00	29,6185	12,8644	20,7275

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 15

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	0,0446	2,5370
3	0,07	0,1766	4,9879
4	0,10	0,3928	7,3525
5	0,14	0,6903	9,6310
6	0,18	1,0660	11,8232
7	0,21	1,5169	13,9293
8	0,24	2,0400	15,9492
9	0,28	2,6323	17,8830
10	0,32	3,2908	19,7305
11	0,35	4,0124	21,4918

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 15

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 kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,04	-0,0309	-1,7675
3	0,07	-0,1237	-3,5350
4	0,10	-0,2784	-5,3025
5	0,14	-0,4949	-7,0700
6	0,17	-0,7733	-8,8375
7	0,21	-1,1135	-10,6050
8	0,24	-1,5156	-12,3725
9	0,28	-1,9796	-14,1390
10	0,31	-2,5047	-15,8500
11	0,35	-3,0881	-17,4748

5.6 Verifica dei montanti in acciaio

Ai fini della verifica si è considerata reagente la sola sezione di profilato metallico caratterizzata da un armatura tubolare in acciaio S 355 H ($A = 60,0 \text{ cm}^2$; $W = 273 \text{ cm}^3$; $W_{pl} = 365 \text{ cm}^3$, $J = 2.744 \text{ cm}^4$; peso $47,1 \text{ kg/m}$), passo $i = 0,50 \text{ m}$.

Con riferimento ai profilati adottati risulterà:

$$V_{c,Rd} = \text{resistenza di calcolo a taglio dell'armatura in acciaio} = (A_v * f_{yk} / (3^{1/2} * \gamma_{mo}))$$

$$A_v = \text{area resistente a taglio} = 2 * A / \pi i, \text{ con}$$

$$A = \text{area della sezione} = 6.000 \text{ mm}^2$$

$$i = \text{interasse montanti} = 0,5 \text{ m}$$

$$f_{yk} = \text{resistenza caratteristica dell'acciaio} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{mo} = \text{coefficiente di sicurezza adottato per le membrature, pari a } 1,05$$

Il valore del taglio di calcolo V_{Ed} risulta sempre inferiore alla metà della resistenza al taglio di calcolo $V_{c,Rd}$

$$V_{Ed} \leq 0,5 V_{c,Rd}$$

In tale condizione il momento flettente di calcolo a flessione retta della sezione M_{Ed} deve risultare inferiore alla resistenza di calcolo a flessione $M_{c,Rd}$.

Per sezioni tipo tubolare $\phi = 201/10 \text{ mm}$ di classe 1 si ha

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} * f_{yk} / \gamma_{mo}) / i = (365.000 * 355 / 1,05) / 0,5 = 246,8 \text{ kN*m}$$

Combinazione	V_{Ed} [kN]	$V_{c,Rd}$ [kN]	M_{Ed} [kN*m]	$M_{c,Rd}$ [kN*m]
n° 1 SLU (Caso A1-M1)	7,7764	1.491,9	2,56	246,8
n° 2 SLU (Caso A2-M2)	6,2866	1.491,9	2,07	246,8
n° 3 EQU	-	1.491,9	-	246,8
n° 4 STAB	-	1.491,9	-	246,8
n° 5 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. negativo	6,0607	1.491,9	2,00	246,8
n° 6 SLU (Caso A1-M1) - Sisma Vert. positivo	6,0740	1.491,9	2,01	246,8
n° 7 SLU (Caso A2-M2) - Sisma Vert. positivo	6,3897	1.491,9	2,11	246,8
n° 8 SLU (Caso A2-M2) -	6,3726	1.491,9	2,11	246,8

Combinazione	V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	M_{Ed} [kN*m]	M_{Rd} [kN*m]
Sisma Vert. negativo				
n° 9 EQU - Sisma Vert. negativo	-	1.491,9	-	246,8
n° 10 EQU - Sisma Vert. positivo	-	1.491,9	-	246,8
n° 11 STAB - Sisma Vert. positivo	-	1.491,9	-	246,8
n° 12 STAB - Sisma Vert. negativo	-	1.491,9	-	246,8
n° 13 SLE (Quasi Permanente)	5,9819	1.491,9	1,97	246,8
n° 14 SLE (Frequente)	5,9819	1.491,9	1,97	246,8
n° 15 SLE (Rara)	5,9819	1.491,9	1,97	246,8