

COMMITTENTE:



COMUNE DI BRICHERASIO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: **Geom. Romina BRUNO FRANCO**

OGGETTO:
PMO SCHEDA 24.01 11.69 - MANUTENZIONE E RIPRISTINO OPERE DI SOSTEGNO E DI DRENAGGIO SUPERFICIALE E RETI DI SCOLO IN STRADA SANTA CATERINA LOCALITA' RICUN - CIG Z672CF8EDB

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:
COMUNE DI BRICHERASIO - STRADA SANTA CATERINA - LOCALITA' RICUN

FASE PROGETTUALE:

STUDIO DI FATTIBILITÀ / PROGETTO DEFINITIVO

| | | | | | |
|-----------|--------------|--|---------|------------|-------------|
| 8 | . | . | . | . | . |
| 7 | . | . | . | . | . |
| 6 | . | . | . | . | . |
| 5 | . | . | . | . | . |
| 4 | . | . | . | . | . |
| 3 | . | . | . | . | . |
| 2 | . | . | . | . | . |
| 1 | Gennaio 2020 | STUDIO DI FATTIBILITA'/PROGETTO DEFINITIVO | MG | I.B. | G.O. |
| REVISIONE | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | RIESAMINATO |

TITOLO:
RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICA DI STABILITA'

ARCHIVIO: **4921**
 FILE N°: TESTALINI

DATA:
Loranzè, Gennaio 2020



TAVOLA N°
C

SCALA:
 -

Studio Tecnico Associato
 ing. GABRIELE
 ing. NOASCONO
 ing. ODETTO
 geol. CAMBULI
 ing. VIGNONO
 ing. ZAPPALÀ
 P.IVA 08462870018

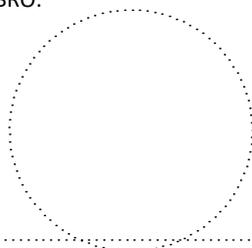
Sede legale
 Via Giosuè Gianavello, n. 2
 10060 Rorà (TO)
 TEL. 0121/93.36.93
 FAX 0121/95.03.78

Sede operativa
 Strada Provinciale 222, n. 31
 10010 Loranzè (TO)
 TEL. 0125/19.70.499
 FAX 0125/56.40.14
 e-mail: info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it

PROGETTISTA:

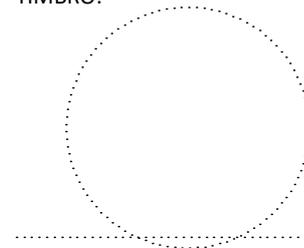
Dott. Ing. Gianluca ODETTO
N° 7269 J ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



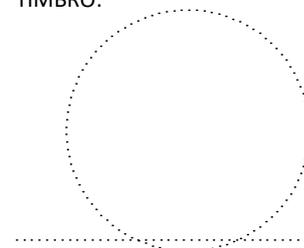
ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:





Sommario

| | |
|---|----|
| Sommario..... | 1 |
| 1 PREMESSA..... | 2 |
| 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 2 |
| 3 INTERVENTI IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, DESCRIZIONE E GEOMETRIA DELL'INTERVENTO..... | 3 |
| 4 METODO E CODICE DI CALCOLO | 8 |
| 5 INTERFERENZE CON IL TERRITORIO CIRCOSTANTE | 10 |
| 5.1 Vincolo idrogeologico..... | 10 |
| 5.2 Zona PRGC e classe di pericolosità geomorfologica | 10 |
| 5.3 Vincolo paesaggistico..... | 10 |
| 5.4 Interferenze con strutture esistenti | 10 |
| 6 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO DI SEDIME..... | 11 |
| 7 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO..... | 12 |
| 8 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI..... | 15 |
| 8.1 Durabilità | 15 |
| 8.2 Materiali utilizzati | 15 |
| 8.2.1 Massi di cava..... | 15 |
| 9 AZIONI..... | 15 |
| 9.1 Carichi permanenti strutturali | 15 |
| 9.2 Carichi permanenti non strutturali..... | 15 |
| 9.3 Carichi variabili..... | 16 |
| 10 COMBINAZIONI DI CARICO | 16 |
| 11 RISULTATI DELLE VERIFICHE | 21 |
| 11.1 Geometria di modellazione e condizioni geotecniche di verifica | 21 |
| 11.2 Sollecitazioni agenti..... | 22 |
| 11.3 Verifiche geotecniche..... | 24 |
| 12 CONCLUSIONI..... | 27 |



1 PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Bricherasio ha incaricato, con Det. n. 84 del 14/05/2020, il sottoscritto Dott. Ing. Gianluca ODETTO, in qualità di rappresentante dello Studio HYDROGEOS con sede legale in via Giosuè Gianavello n. 2 – 10060 Rorà (TO), della redazione del progetto per la realizzazione dei lavori di "PMO SCHEDA 24.01 11.69 - MANUTENZIONE E RIPRISTINO OPERE DI SOSTEGNO E DI DRENAGGIO SUPERFICIALE E RETI DI SCOLO IN STRADA SANTA CATERINA LOCALITA' RICUN - CIG Z672CF8EDB".

La presente relazione, dopo un inquadramento topografico e vincolistico dell'area oggetto di intervento, illustra i risultati delle verifiche di stabilità dell'opera di sostegno del tipo "scogliera in massi di cava non cementati", prevista nell'ambito del sopracitato progetto con lo scopo di ripristinare e mettere in sicurezza il settore di scarpata a tergo di Strada Santa Caterina che ha manifestato cedimenti e quindi la viabilità della stessa.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 Testo Unitario – *"Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018"*;
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 " Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007;
- R.D. 3267/23;
- L.R. 45/1989 – *"Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici"*;
- D.M. 11 Marzo 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 fondazioni"*.
- Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24 Settembre 1988 *"Istruzioni relative alla 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 fondazioni"*;
- Legge n° 64 del 02/02/1974 – *"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*;
- D.M. del 24/01/1986 – *"Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche"*;
- D.M. del 16/01/1996 – *"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"*;

- Circolare n° 65 del 10/04/1997 – “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16/01/1996”;

Conformemente a quanto previsto dal paragrafo 12 del D.M 17/01/2018 si sono considerati anche i seguenti riferimenti tecnici che si intendono coerenti con i principi del D.M. stesso:

- EUROCODICE 7 – “Progettazione geotecnica”;
- EUROCODICE 8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica” e appendice nazionale;

3 INTERVENTI IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, DESCRIZIONE E GEOMETRIA DELL'INTERVENTO.

L'area oggetto di intervento è ubicata nel comune di Bricherasio (TO), Località Ricun - Strada Santa Caterina, ed ha il seguente riscontro cartografico:

| | | |
|------------------------|-------------|--------------|
| CTR 10000 | | 172160 |
| Coordinate Geografiche | Latitudine | 44.833154° N |
| | Longitudine | 7.289006° E |
| Altitudine | | 445 m s.l.m. |

Si riportano di seguito delle immagini di inquadramento territoriale:



Figura 1: Inquadramento geografico su sfumo 50k

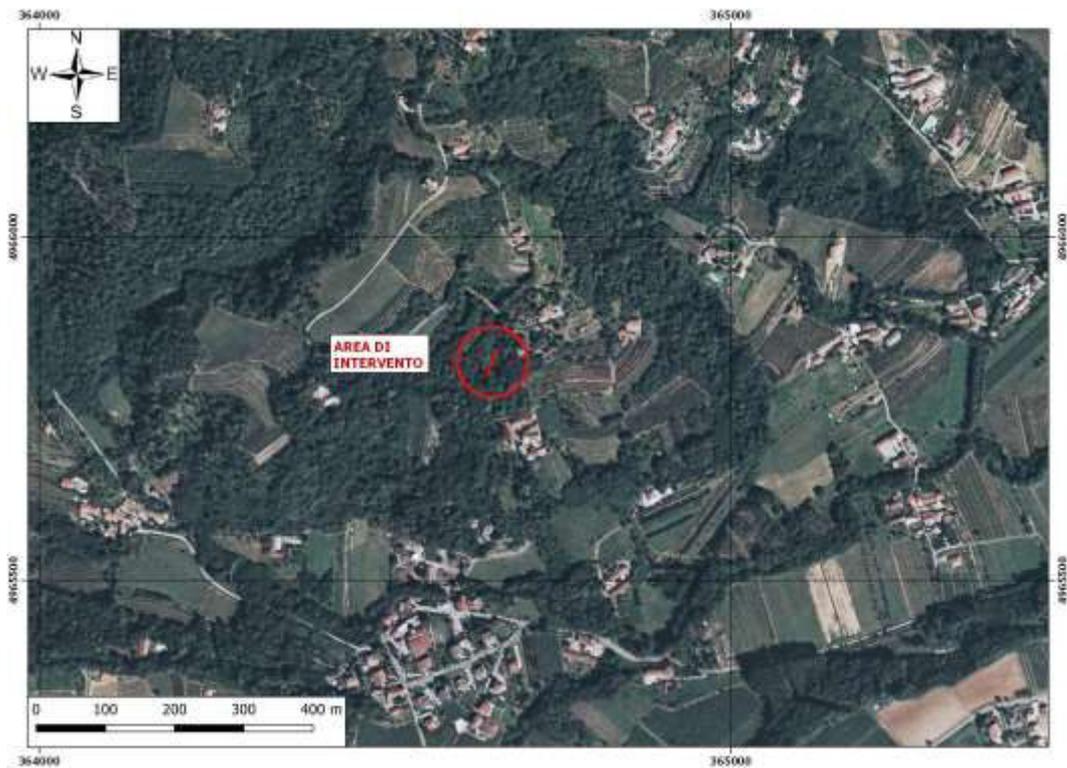


Figura 2: Inquadramento su ortofoto

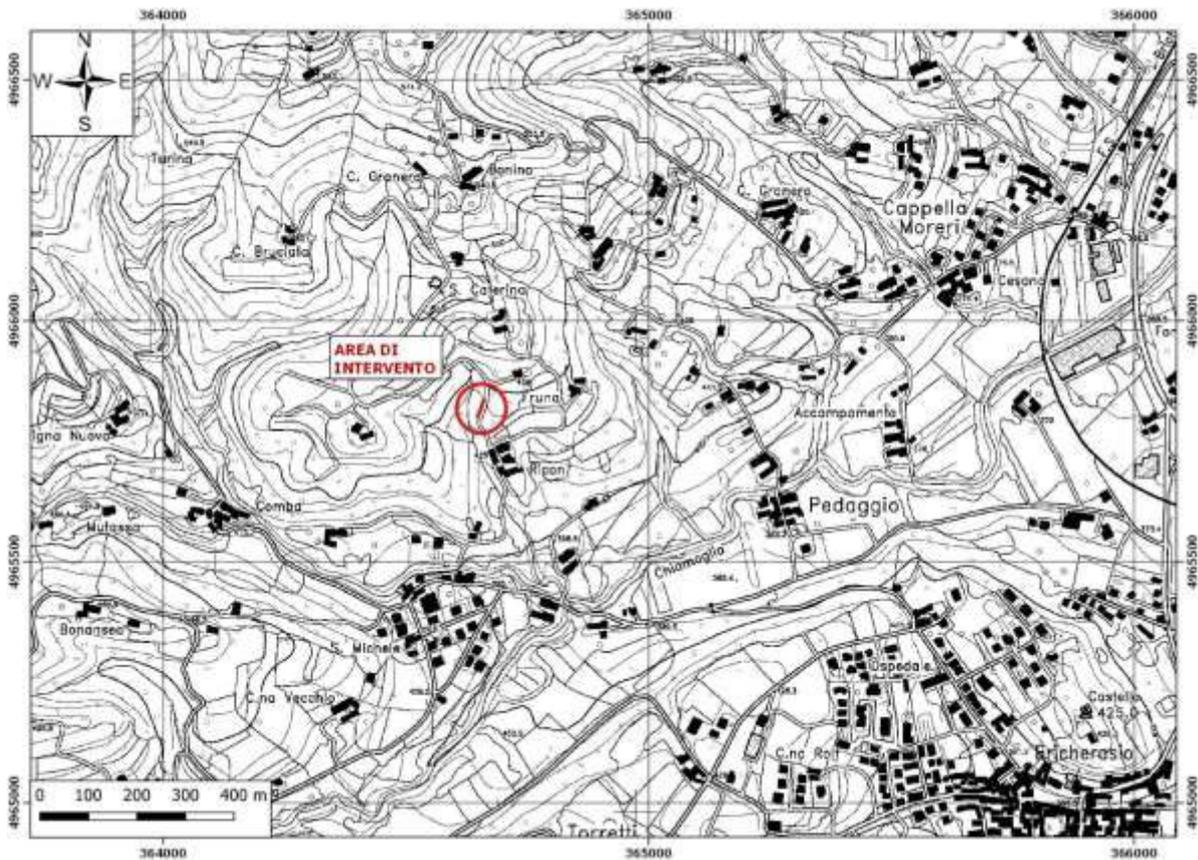


Figura 3 Inquadramento CTR 172160

Come già anticipato, l'intervento previsto oggetto della presente relazione di calcolo, consiste in una scogliera in massi di cava non cementati. La nuova scogliera avrà lunghezza totale 38 m, con sezione costante avente le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Paramento: altezza 3.00 m, spessore in testa 1.00 m e spessore all'attacco con la fondazione 2.00 m
- Fondazione (anch'essa in massi di cava): larghezza 2.50 m e spessore 1.00 m, con mensola di valle di 0.50 m.

Per una visione completa delle opere in progetto si vedano le tavole allegate da cui si possono desumere le caratteristiche geometriche dell'opera in progetto, di cui si riportano di seguito degli estratti.

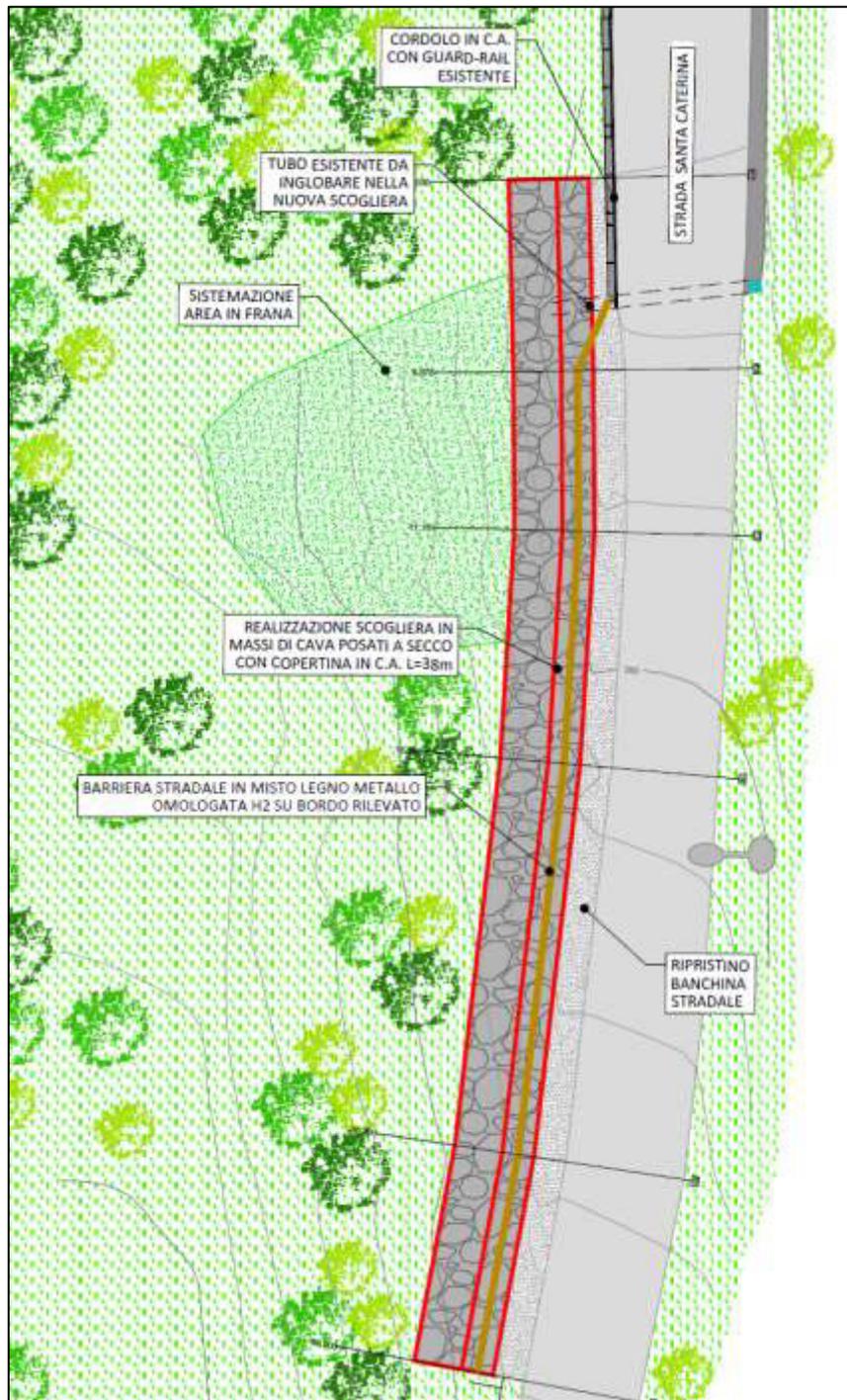


Figura 4 Planimetria di progetto

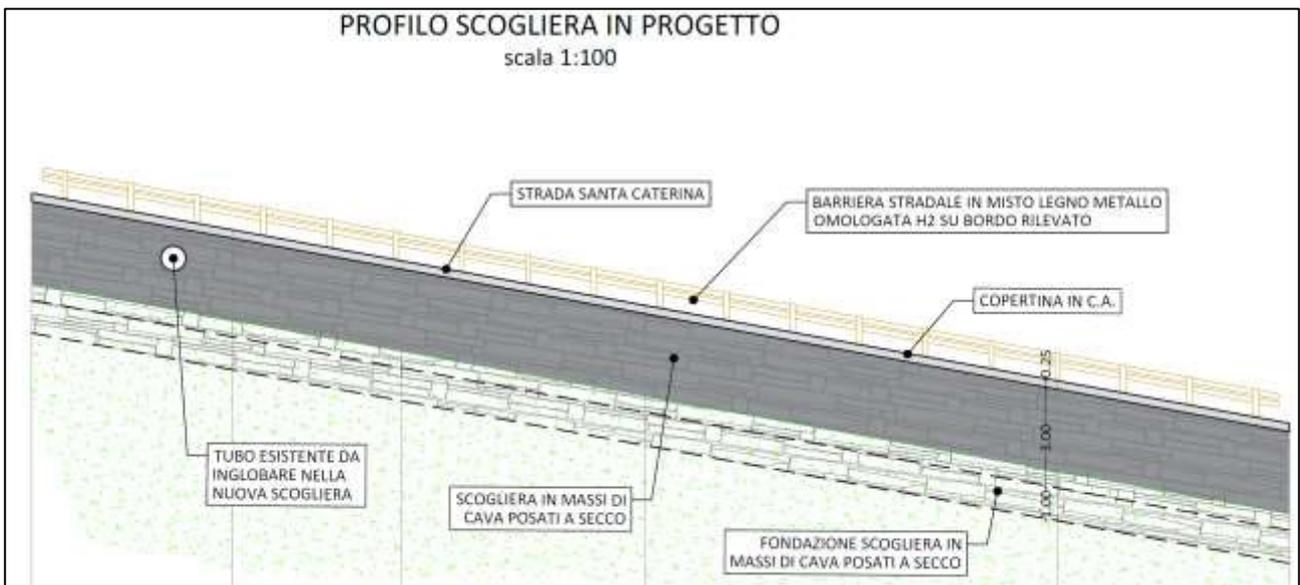


Figura 5 Profilo di progetto

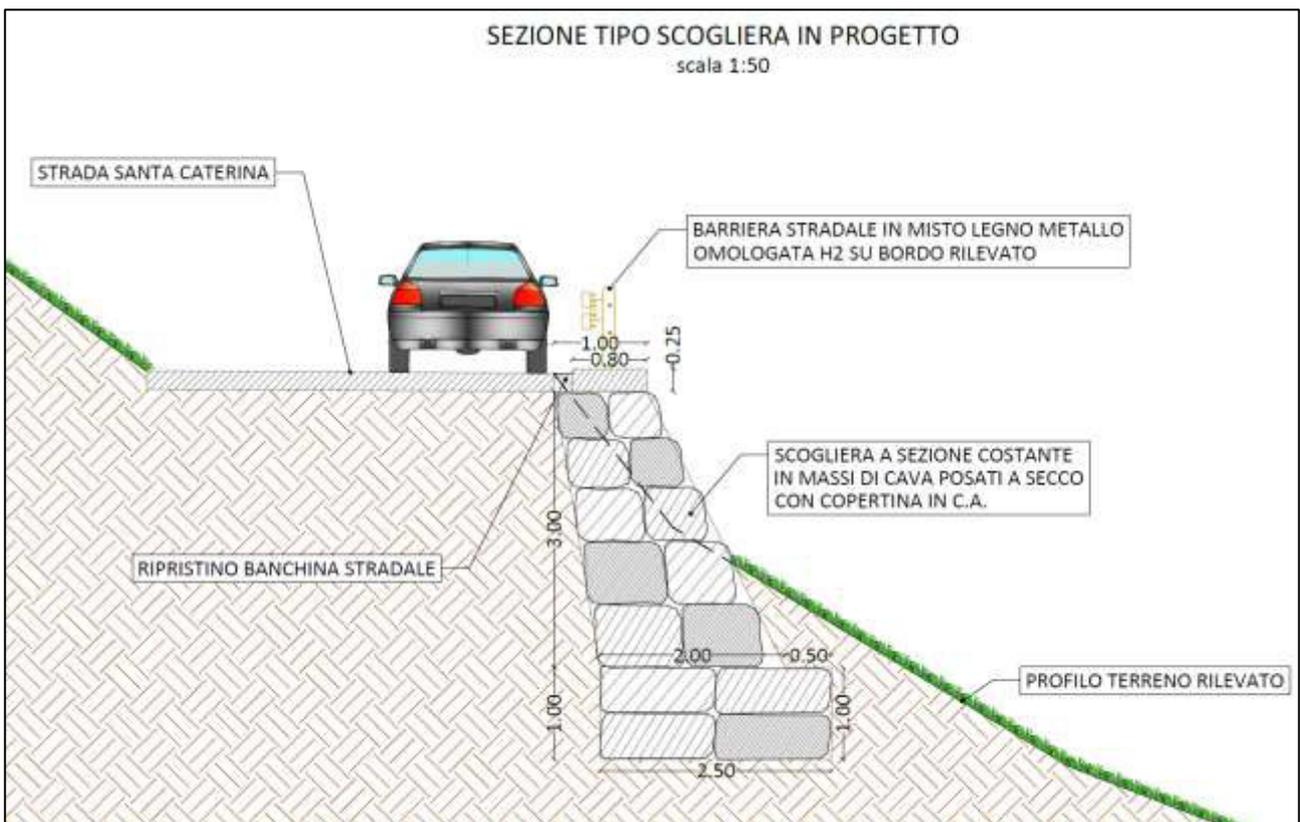


Figura 6 Sezione tipo di progetto



4 METODO E CODICE DI CALCOLO

I calcoli per il dimensionamento strutturale dell'opera sono stati condotti adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite, verificandone i requisiti di sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. L'analisi delle azioni sismiche ha comportato inoltre la valutazione delle relative deformazioni.

La schematizzazione della procedura progettuale adottata può essere sinteticamente così riassunta:

- Individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile;
- Definizione delle azioni agenti in condizioni statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico;
- Predisposizione delle combinazioni di carico, con i relativi coefficienti di combinazione allo SLU, SLE, SLV, SLD;
- Analisi dell'involuppo delle azioni agenti;
- Dimensionamento degli elementi strutturali e verifica della funzionalità delle strutture progettate.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: **SISMICA STATICA EQUIVALENTE**.

Ai sensi del par. 6.5.3.1.1 delle NTC 2018, la verifica del muro di sostegno è stata effettuata con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] della norma sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
 - o scorrimento sul piano di posa;
 - o collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
 - o ribaltamento;
 - o stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - o raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I delle NTC 2018 si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

| Verifica | Coefficiente parziale (R3) |
|------------------------------------|----------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1,4$ |
| Scorrimento | $\gamma_R = 1,1$ |
| Ribaltamento | $\gamma_R = 1,15$ |
| Resistenza del terreno a valle | $\gamma_R = 1,4$ |

La verifica è stata condotta con l'ausilio del software di calcolo Max 14.0, prodotto da Aztec Informatica s.r.l..

Il software MAX è dedicato all'analisi e al calcolo dei muri di sostegno. I tipi di muro che è possibile analizzare con il programma Max sono:

- Muri a gravità;
- Muri a semigravità;
- Muri in calcestruzzo armato.

Possono essere inoltre considerati, in funzione del tipo di muro e del materiale che lo costituisce, muri con:

- Contrafforti;
- Mensole di contrappeso e di marciapiede;
- Pali di fondazione;
- Tiranti di ancoraggio.

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

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.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.



Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

5 INTERFERENZE CON IL TERRITORIO CIRCOSTANTE

5.1 Vincolo idrogeologico

L'area NON ricade all'interno di quelle perimetrare ai sensi del R.D.L. 30 dicembre 1923, n.3267, ovvero ai sensi della L.R. 45/1989 – Vincolo Idrogeologico.

5.2 Zona PRGC e classe di pericolosità geomorfologica

L'intervento ricade interamente in:

- Zona Agricola;
- Classe II di pericolosità geomorfologica: *Aree per le quali il recupero ai fini urbanistici è vincolato all'esecuzione ed all'esito di ulteriori indagini di dettaglio, nonché alla messa in opera di particolari interventi e/o limitazioni costruttive.*

Vista la tipologia di intervento che si configura come intervento di utilità pubblica, vista anche l'entità delle lavorazioni connesse alla realizzazione dell'opera e la modesta entità degli scavi previsti, non si ritiene necessario uno studio geologico di dettaglio in quanto si può asserire a priori che l'intervento non altererà in nessun modo l'equilibrio idrogeologico, la stabilità geomorfologica né il deflusso delle acque superficiali del settore, assicurando al contrario la stabilità della scarpata da esso sottesa.

5.3 Vincolo paesaggistico

L'area ricade tra quelle tutelate dal punto di vista paesaggistico ricadendo nella casistica prevista dal D.Lgs 42/2004, di cui all'Art. 142 lettera g) Area boscata tutelata per legge.

5.4 Interferenze con strutture esistenti

Non si registrano interferenze dirette con strutture esistenti.

6 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO DI SEDIME

Sulla base dell'analisi dei dati di bibliografia, dei sopralluoghi effettuati, delle conoscenze pregresse su depositi detritici aventi caratteristiche simili a quelli del sito in esame, si possono ipotizzare cautelativamente i seguenti valori dei principali parametri geotecnici alle litologie intercettate dall'opera:

| Descrizione | Peso unità di volume secco [t/m ³] | Peso unità di volume saturo [t/m ³] | Angolo di Attrito [°] | Coesione [KPa] |
|-----------------------------------|--|---|-----------------------|----------------|
| Coltre detritica (spessore 2/3 m) | 1.8 | 2.0 | 32 | 5 |
| Substrato alterato | 1.95 | 2.1 | 38 | 10 |

Tabella 1 Parametri geotecnici



7 DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO

| | | |
|---|----------------------------|---------------------|
| Regione | | PIEMONTE |
| Provincia | | TORINO |
| Comune | | Bricherasio |
| Coordinate Geografiche del cantiere | Latitudine | 44.833154° N |
| | Longitudine | 7.289006° E |
| Altitudine | | 445 m s.l.m. |
| Zona sismica | | ZONA 3s |
| Tipo di opera | Tab. 2.4.I D.M. 17/01/2018 | ORDINARIA |
| Vita nominale V_N | P.to 2.4.1 D.M. 17/01/2018 | 50 ANNI |
| Classe d'uso | P.to 2.4.2 D.M. 17/01/2018 | II |
| Coefficiente d'uso C_U | P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018 | 1 |
| Periodo di riferimento per azione sismica V_R | P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018 | 50 ANNI |

Tabella 2 Dati della struttura e zona sismica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni individuano le azioni sismiche di progetto a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Le NTC2018 definiscono al par. 3.2 la pericolosità sismica in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} . Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il calcolo delle opere in oggetto è stato realizzato facendo riferimento ai seguenti parametri:

| | a_g [m/s ²] | F_0 | T_c^* [s] |
|-----|---------------------------|-------|-------------|
| SLO | 0.388 | 2.456 | 0.206 |
| SLD | 0.515 | 2.429 | 0.226 |
| SLV | 1.304 | 2.467 | 0.265 |
| SLC | 1.643 | 2.494 | 0.274 |

Tabella 3 Parametri sismici di progettazione

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile che si manifestano nei terreni a grana fine sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è

rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile.

Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \times W$ ed $F_v = k_v \times W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale è necessario individuare il valore del coefficiente topografico S_T , dipendente dalle categorie topografiche illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

Tabella 4 Categorie topografiche - Tabella 3.2.III D.M. 17/01/2018

Il caso in studio è stato associato alla categoria topografica T2, alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1.2 (tabella 3.2.V D.M. 17/01/2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario inoltre valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento illustrate nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Tabella 5 - Categorie di sottosuolo da Tabella 3.2.II D.M. 17/01/2018



Nel caso in progetto, a vantaggio di sicurezza ed in mancanza di indagini dirette e puntuali, si assume che la categoria di sottosuolo sia la D, alla quale corrisponde il massimo valore di coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s pari a 1.8.

| Categoria sottosuolo | S_s |
|----------------------|---|
| A | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ |

Tabella 6 - Espressioni di S_s Tabella 3.2.IV D.M. 17/01/2018

Si valuta infine il valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_s , valutato pari a 0.24. Il valore è stato ricavato facendo uso della seguente tabella, che identifica il parametro β_s sulla base della categoria di sottosuolo e del valore di accelerazione massima:

| | Categoria di sottosuolo | |
|-------------------------|-------------------------|------------|
| | A | B, C, D, E |
| | β_s | β_s |
| $0,2 < a_g(g) \leq 0,4$ | 0,30 | 0,28 |
| $0,1 < a_g(g) \leq 0,2$ | 0,27 | 0,24 |
| $a_g(g) \leq 0,1$ | 0,20 | 0,20 |

Tabella 7 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

$$\frac{a_g}{g} = \frac{1.304}{9.81} = 0.133 < 0.2 \rightarrow \beta_s = 0.24$$

La seguente tabella riassume i parametri necessari per definire l'azione sismica:

| | |
|--|--------------|
| a_g SLV [m/s^2] | 1.304 |
| S_t coefficiente di amplificazione topografica | 1.2 |
| S_s coefficiente di amplificazione stratigrafica | 1.8 |
| β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | 0.24 |

Tabella 8 Parametri per la definizione dell'azione sismica

8 CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

8.1 Durabilità

Particolare attenzione è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere garantite solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera; si dovranno, inoltre, utilizzare tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture.

8.2 Materiali utilizzati

8.2.1 Massi di cava

Materiale litoide proveniente da cava, posato a secco, non friabile né gelivo, ad elevato peso specifico. Le caratteristiche meccaniche vengono riportate nella seguente tabella:

| | | |
|---------------------------|----------------------|---------|
| Resistenza a compressione | (kPa) | 3000 |
| Angolo di attrito interno | (°) | 60,00 |
| Resistenza a taglio | (kPa) | 490,00 |
| Peso di volume | (kg/m ³) | 2400,00 |

Tabella 9 Parametri pietrame

9 AZIONI

In accordo con la normativa citata al capitolo 2 della presente relazione, in linea generale vanno considerati nei calcoli le seguenti azioni:

- Carichi permanenti strutturali;
- Carichi permanenti NON strutturali;
- Carichi variabili.

9.1 Carichi permanenti strutturali

I carichi permanenti strutturali sono dati dai pesi propri delle strutture e vengono calcolati automaticamente dal software di calcolo. Si considera la massa volumica del pietrame pari a 2400 kg/m³.

9.2 Carichi permanenti non strutturali

Sulla scogliera non insistono carichi permanenti non strutturali, se non la spinta attiva del terreno a monte di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 6.



N.B. Pur essendo la scogliera composta da materiale drenante, a vantaggio di sicurezza è stata ipotizzata una spinta dell'acqua con un livello del battente idraulico che si attesta ad 1.80 m dal piano di imposta della fondazione.

9.3 Carichi variabili

Si considera nelle verifiche un carico variabile veicolare di 2000 kg/mq.

10 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico utilizzate sono quelle previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. Si elencano in seguito i coefficienti parziali di sicurezza con riferimento alla tabella 2.6.1. delle NTC 2018, e le relative combinazioni delle azioni:

Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

| | | Coefficiente | EQU | A1 | A2 |
|--|-------------|---------------|-----|-----|-----|
| | | γ_r | | | |
| Carichi permanenti G_1 | Favorevoli | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$ | Favorevoli | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevoli | γ_Q | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tabella 10 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche a SLU

Ai fini delle verifiche agli stati limite, con riferimento al par. 2.5.3 si sono definite le seguenti combinazioni delle azioni:

- SLU – Combinazione di carico fondamentale;

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione caratteristica, cosiddetta rara;

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione frequente;

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione quasi permanente;

$$G_1 + G_2 + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- Combinazione sismica;

$$E + G_1 + G_2 + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- Combinazione eccezionale;

$$G_1 + G_2 + A + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Si elencano ora i casi di carico con le combinazioni delle azioni sollecitanti la strutture. Tali combinazioni sono state generate automaticamente dal codice di calcolo, in conformità con le disposizioni della Normativa Tecnica.

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]

M Momento espresso in [kgm]

X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

Q_i Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]

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

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

Condizione n° 1 (Veicolare)

D Profilo $X_i=0.50$ $X_f=3.50$ $Q_i=2000.00$ $Q_f=2000.00$

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 | FAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1.30 | 1.00 | 1.30 |

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

| | 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 | 1.30 | 1.00 | 1.30 |

Combinazione n° 3 - 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° 4 - Caso A1-M1 (STR)



| | 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 | 1.30 | 1.00 | 1.30 |
| Veicolare | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

| | 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 | 1.30 | 1.00 | 1.30 |
| Veicolare | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 6 - 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.30 | 1.00 | 1.30 |

Combinazione n° 7 - 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° 8 - 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° 9 - 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° 10 - 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° 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 - Caso A1-M1 (STR) - 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° 14 - 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Combinazione n° 15 - 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |

Combinazione n° 16 - 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° 17 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Combinazione n° 18 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

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

| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |

Combinazione n° 20 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |

Combinazione n° 21 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

| | 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° 22 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

| | 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 |

Figura 7 Combinazioni di calcolo

11 RISULTATI DELLE VERIFICHE

11.1 Geometria di modellazione e condizioni geotecniche di verifica

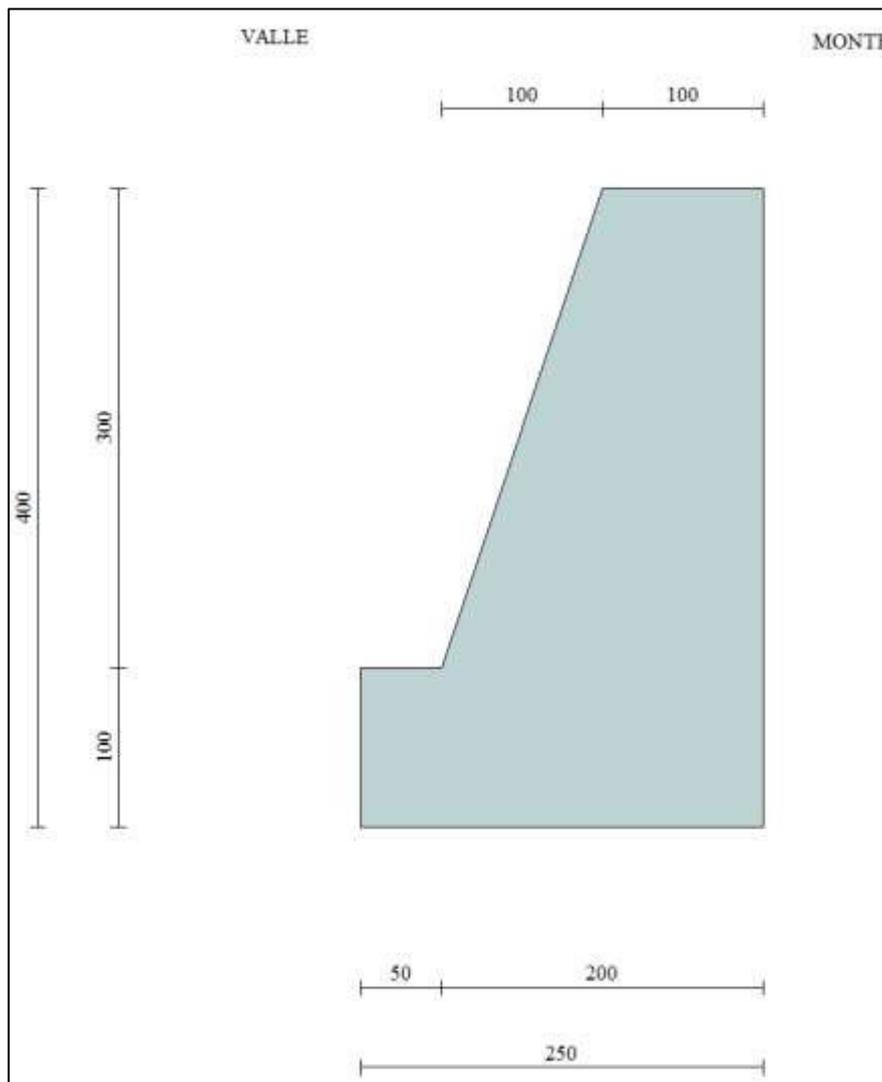


Figura 8 Estratto dal software di calcolo MAX 14.0 – Geometria di modellazione in sezione

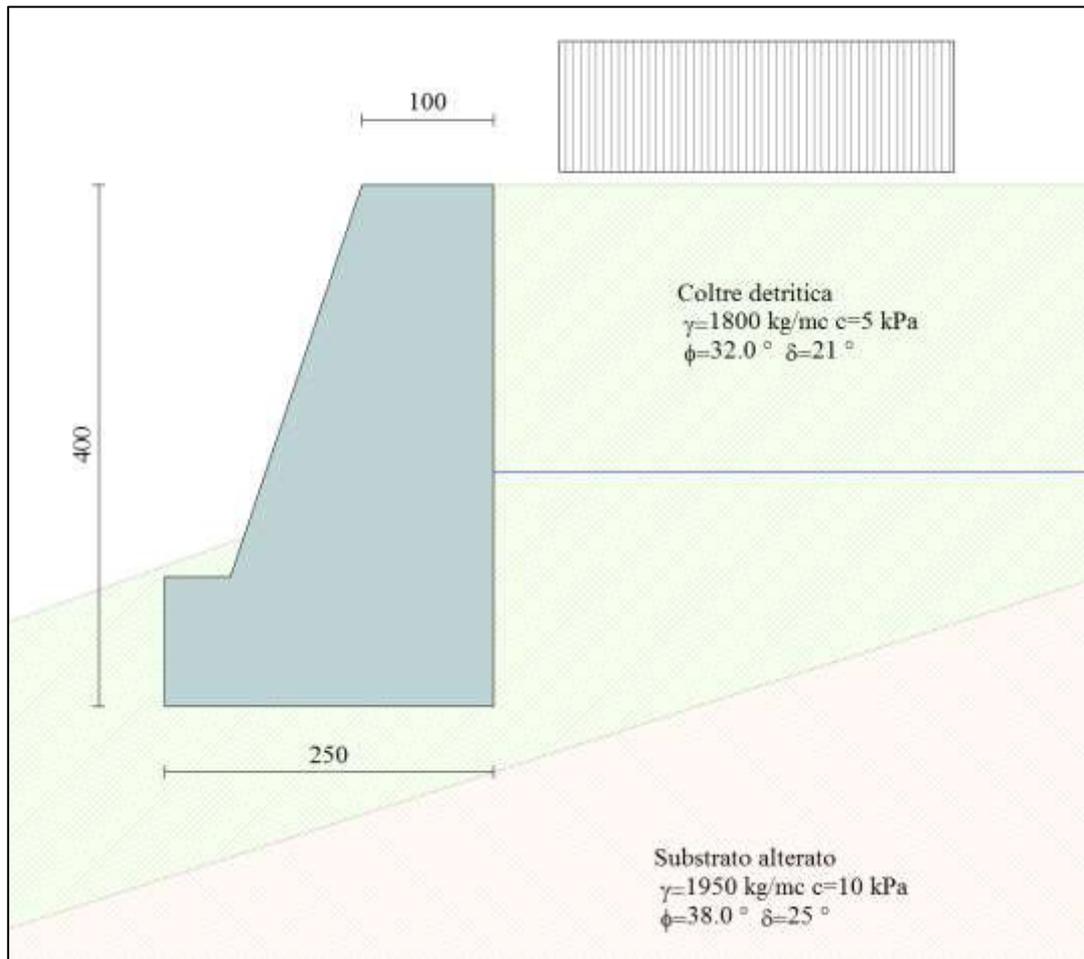


Figura 9 Estratto dal software di calcolo MAX 14.0 – Geometria di modellazione in sezione, condizione stratigrafica, di carico e idrogeologica impostata

N.B. Pur essendo la scogliera composta da materiale drenante, a vantaggio di sicurezza è stata ipotizzata una spinta dell'acqua con un livello del battente idraulico che si attesta ad 1.80 m dal piano di imposta della fondazione.

N.B.2 A vantaggio di sicurezza si ipotizza di non intercettare il substrato roccioso.

11.2 Sollecitazioni agenti

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno.

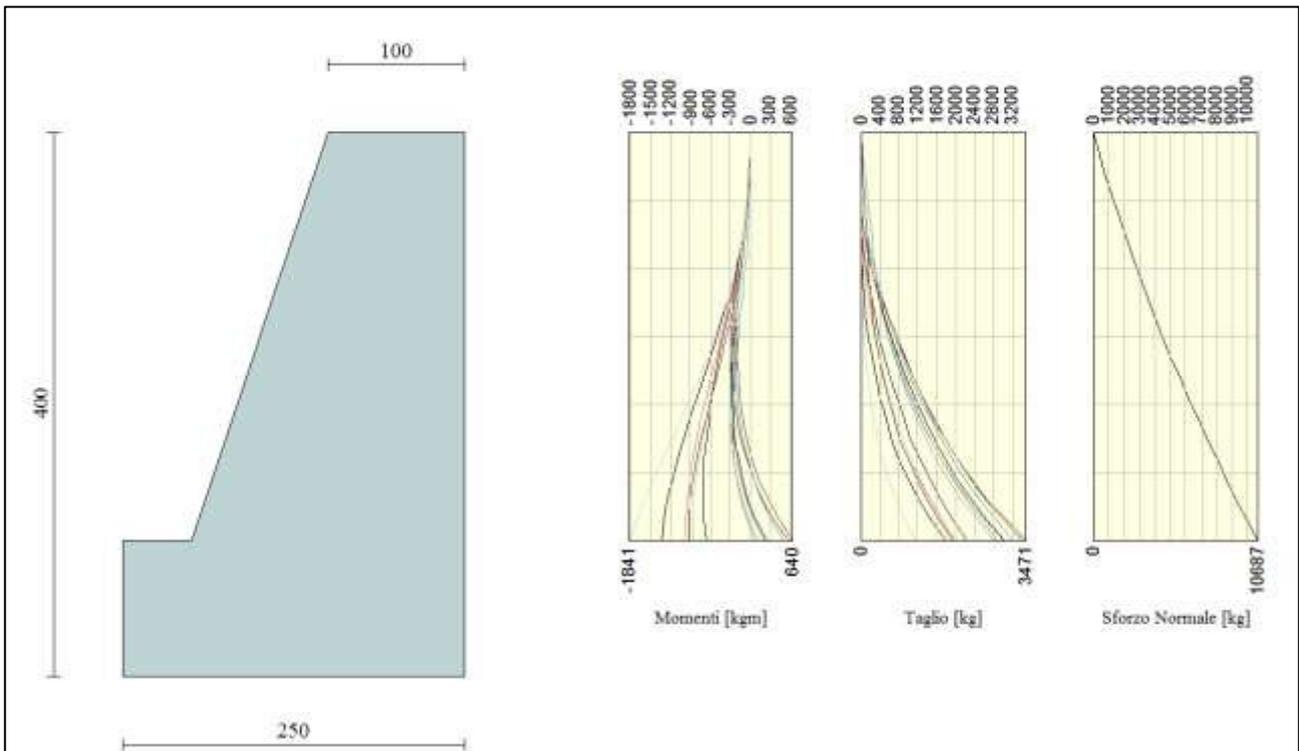


Figura 10 Inviluppo sollecitazioni agenti sul paramento

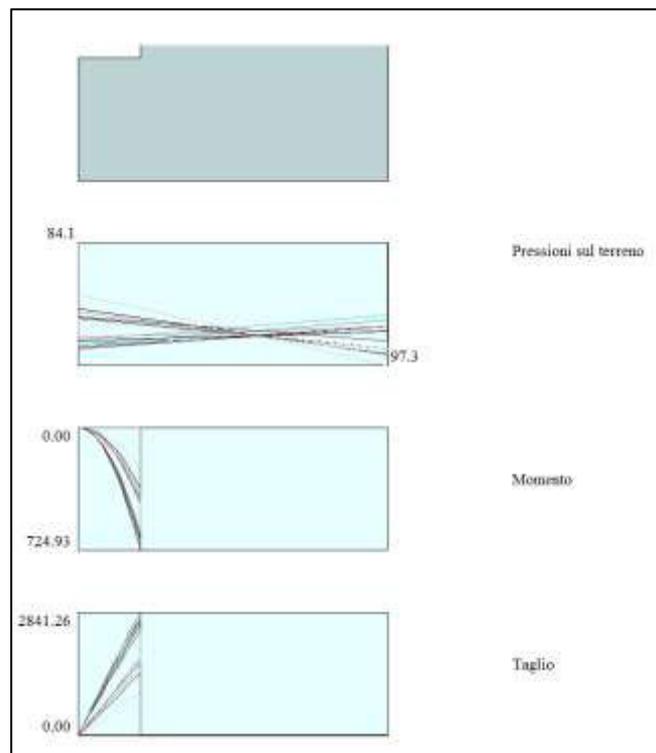


Figura 11 Inviluppo sollecitazioni agenti sulla fondazione – Pressione sul terreno [kPa], Momento [kgm], Taglio [kg]



11.3 Verifiche geotecniche

| Comb. | Tipo comb. | Sisma | FS (ribalt) | FS (scorr) | FS (qult) | FS (stab) | Spinta[kg] | Incr. sism.[kg] |
|-------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | -- | 1.62 | 8.31 | -- | 2836.68 | 0.00 |
| 2 | EQU - [1] | -- | 6.71 | -- | -- | -- | 2836.68 | 0.00 |
| 3 | STAB - [1] | -- | -- | -- | -- | 1.34 | 2802.76 | 0.00 |
| 4 | A1-M1 - [2] | -- | -- | 1.12 | 6.21 | -- | 5470.70 | 0.00 |
| 5 | EQU - [2] | -- | 3.77 | -- | -- | -- | 5470.70 | 0.00 |
| 6 | STAB - [2] | -- | -- | -- | -- | 1.12 | 5694.29 | 0.00 |
| 7 | A1-M1 - [3] | SismaH + SismaV positivo | -- | 1.24 | 6.81 | -- | 1817.70 | 1495.06 |
| 8 | A1-M1 - [3] | SismaH + SismaV negativo | -- | 1.18 | 7.09 | -- | 1817.70 | 1129.13 |
| 9 | EQU - [3] | SismaH + SismaV positivo | 3.27 | -- | -- | -- | 1817.70 | 2458.12 |
| 10 | EQU - [3] | SismaH + SismaV negativo | 2.58 | -- | -- | -- | 1817.70 | 1943.84 |
| 11 | STAB - [3] | SismaH + SismaV positivo | -- | -- | -- | 1.45 | 1817.70 | 1495.06 |
| 12 | STAB - [3] | SismaH + SismaV negativo | -- | -- | -- | 1.46 | 1817.70 | 1129.13 |
| 13 | A1-M1 - [4] | SismaH + SismaV positivo | -- | 1.24 | 6.81 | -- | 1817.70 | 1495.06 |
| 14 | SLEF - [2] | -- | -- | 1.58 | 8.36 | -- | 3531.86 | 0.00 |
| 15 | SLEF - [2] | -- | -- | 1.71 | 8.69 | -- | 3095.35 | 0.00 |
| 16 | SLEQ - [2] | -- | -- | 2.27 | 9.74 | -- | 1817.70 | 0.00 |
| 17 | SLEF - [2] | SismaH + SismaV positivo | -- | 1.18 | 6.46 | -- | 3531.86 | 1111.05 |
| 18 | SLEF - [2] | SismaH + SismaV negativo | -- | 1.17 | 6.69 | -- | 3531.86 | 832.83 |
| 19 | SLEF - [2] | SismaH + SismaV positivo | -- | 1.27 | 7.09 | -- | 3095.35 | 1004.27 |
| 20 | SLEF - [2] | SismaH + SismaV negativo | -- | 1.25 | 7.35 | -- | 3095.35 | 747.01 |
| 21 | SLEQ - [2] | SismaH + SismaV positivo | -- | 1.62 | 8.44 | -- | 1817.70 | 658.97 |
| 22 | SLEQ - [2] | SismaH + SismaV negativo | -- | 1.59 | 8.85 | -- | 1817.70 | 478.61 |

Figura 12 Combinazioni di verifica – dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte

In figura seguente si riportano i coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche risultanti dal calcolo; a sinistra quelli relativi alla combinazione 1 e a destra i minimi calcolati.

| | | | | |
|--|------|---|-----------|---------------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 6.71 | ■ | 2.58 [10] | IB: 3 - EQU |
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.62 | ■ | 1.12 [4] | IB: 2 - A1-M1 |
| Coefficiente di sicurezza a carico limite | 8.31 | ■ | 6.21 [4] | IB: 2 - A1-M1 |
| Coefficiente di sicurezza stabilità globale | 1.34 | ■ | 1.12 [6] | IB: 2 - STAB |

Figura 13 Coefficienti di sicurezza – SEZIONE 1

In figura seguente il cerchio critico con FS di stabilità globale minore.

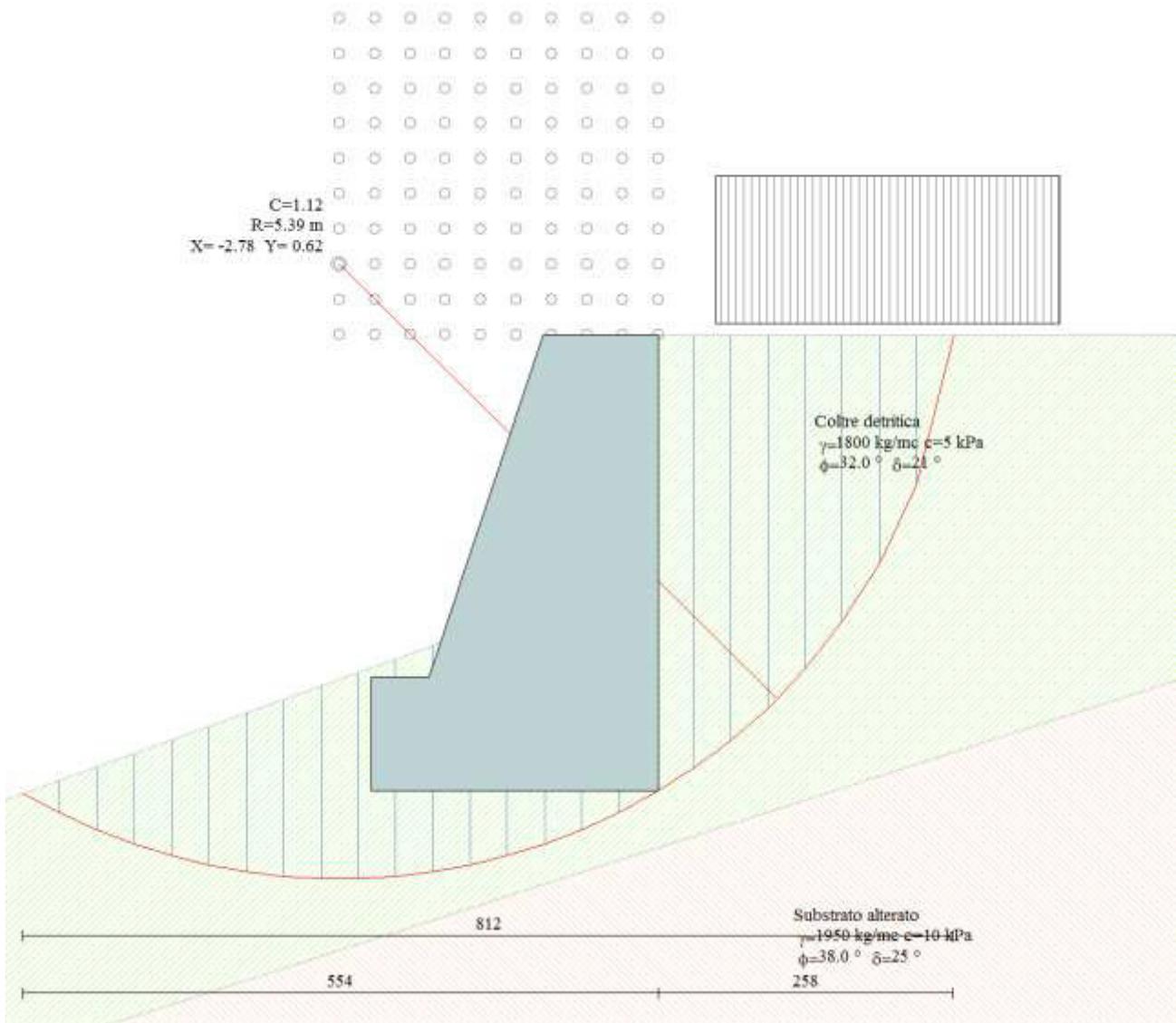


Figura 14 Cerchio critico con fattore di sicurezza minore



L'opera risulta **STABILE**, verificata al ribaltamento, allo scorrimento, al carico ultimo ed alla stabilità globale, con i fattori di sicurezza riassunti nella seguente tabella.

| Fs minimi | Ribaltamento | Scorrimento | Carico limite | Stabilità globale |
|------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
| SCOGLIERA | 2.58 | 1.12 | 6.21 | 1.12 |

12 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati illustrati i risultati delle verifiche geotecniche di stabilità dell'opera di sostegno del tipo "scogliera in massi di cava non cementati", prevista nell'ambito del progetto "PMO SCHEDA 24.01 11.69 - MANUTENZIONE E RIPRISTINO OPERE DI SOSTEGNO E DI DRENAGGIO SUPERFICIALE E RETI DI SCOLO IN STRADA SANTA CATERINA LOCALITA' RICUN - CIG Z672CF8EDB", nel comune di Bricherasio (TO).

A seguito di un inquadramento territoriale e vincolistico dell'area di intervento, si è appurato che:

L'area NON ricade all'interno di quelle perimetrate ai sensi della L.R. 45/1989 – Vincolo Idrogeologico.

L'intervento ricade tra le aree classificate nel PRGC di Bricherasio come:

Zona Agricola;

Classe II di pericolosità geomorfologica: *Aree per le quali il recupero ai fini urbanistici è vincolato all'esecuzione ed all'esito di ulteriori indagini di dettaglio, nonché alla messa in opera di particolari interventi e/o limitazioni costruttive.* Ciò nonostante, vista la tipologia di intervento che si configura come intervento di utilità pubblica, vista anche la modesta entità degli scavi previsti, **non si ritiene necessario uno studio geologico di dettaglio in quanto si può asserire a priori che l'intervento non altera in nessun modo l'equilibrio idrogeologico, la stabilità geomorfologica né il deflusso delle acque superficiali del settore, assicurando al contrario la stabilità della scarpata da esso sottesa.**

Si è proceduto con le verifiche di stabilità, facendo riferimento all'attuale normativa vigente, il DM 17/01/2018.

Dai risultati ottenuti tutte le verifiche effettuate risultano **SODDISFATTE**.

La corretta esecuzione dell'opera in progetto garantirà la stabilità della scarpata e la sicurezza della viabilità da essa sottesa.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda agli allegati del codice di calcolo riportati di seguito.

ESTRATTO SOFTWARE DI CALCOLO MAX 14.0 - SCOGLIERA

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

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

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

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

Spinta in presenza di sisma

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

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

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

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

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

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

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

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

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:

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

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

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

Verifica alla stabilità globale

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

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

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

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

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

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

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

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

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

| <i>Carichi</i> | <i>Effetto</i> | | <i>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} | 1.30 | 1.00 | 1.30 | 1.10 |
| 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 uniaxiale | 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 |

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 | 1.10 |
| 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 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Coesione efficace | γ_c | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Resistenza non drenata | γ_{cu} | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Resistenza a compressione uniaxiale | γ_{qu} | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 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

Verifica

| | <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 | |

Geometria muro e fondazione

| Descrizione | Muro a gravità in pietrame |
|---|----------------------------|
| Altezza del paramento | 3.00 [m] |
| Spessore in sommità | 1.00 [m] |
| Spessore all'attacco con la fondazione | 2.00 [m] |
| Inclinazione paramento esterno | 18.50 [°] |
| Inclinazione paramento interno | 0.00 [°] |
| Lunghezza del muro | 38.00 [m] |
| Fondazione | |
| Lunghezza mensola fondazione di valle | 0.50 [m] |
| Lunghezza mensola fondazione di monte | 0.00 [m] |
| Lunghezza totale fondazione | 2.50 [m] |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0.00 [°] |
| Spessore fondazione | 1.00 [m] |
| Spessore magrone | 0.00 [m] |

Materiali utilizzati per la struttura

| | |
|--|----------------|
| Pietrame | |
| Peso specifico | 2400.0 [kg/mc] |
| Tensione ammissibile a compressione σ_c | 2942 [kPa] |
| Angolo di attrito interno ϕ_p | 60.00 [°] |
| Resistenza a taglio τ_p | 490 [kPa] |

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 | 10.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 10.50 | 0.00 | 0.00 |

Terreno a valle del muro

| | | |
|--|-------|-----|
| Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale | 20.00 | [°] |
| Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento | 0.30 | [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 [kPa] |
| c_a | Adesione terra-muro espressa in [kPa] |

| Descrizione | γ | γ_s | ϕ | δ | c | c_a |
|--------------------|----------|------------|--------|----------|------|-------|
| Coltre detritica | 1800 | 2000 | 32.00 | 21.33 | 5.0 | 2.5 |
| Substrato alterato | 1950 | 2100 | 38.00 | 25.33 | 10.0 | 5.0 |

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 | 4.50 | 18.00 | 2.24 | 0.00 | Coltre detritica |
| 2 | 10.00 | 18.00 | 11.70 | 0.00 | Substrato alterato |

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

| | |
|-------|--|
| X | Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m] |
| F_x | Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg] |
| F_y | Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg] |
| M | Momento espresso in [kgm] |
| X_i | Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m] |
| X_f | Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m] |
| Q_i | Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m] |
| Q_f | Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m] |
| D/C | Tipo carico : D=distribuito C=concentrato |

Condizione n° 1 (Veicolare)

| | | | | | |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|
| D | Profilo | $X_i=0.50$ | $X_f=3.50$ | $Q_i=2000.00$ | $Q_f=2000.00$ |
|---|---------|------------|------------|---------------|---------------|

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 | FAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Peso proprio terrapieno | FAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Spinta terreno | SFAV | 1.30 | 1.00 | 1.30 |

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

| | 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 | 1.30 | 1.00 | 1.30 |

Combinazione n° 3 - 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° 4 - Caso A1-M1 (STR)

| | 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 | 1.30 | 1.00 | 1.30 |
| Veicolare | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

| | 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 | 1.30 | 1.00 | 1.30 |
| Veicolare | SFAV | 1.50 | 1.00 | 1.50 |

Combinazione n° 6 - 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.30 | 1.00 | 1.30 |

Combinazione n° 7 - 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° 8 - 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 |
| <u>Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo</u> | | | | |
| | 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 |
| <u>Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo</u> | | | | |
| | 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 |
| <u>Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo</u> | | | | |
| | 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 |
| <u>Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo</u> | | | | |
| | 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 |
| <u>Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo</u> | | | | |
| | 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 |
| <u>Combinazione n° 14 - Rara (SLE)</u> | | | | |
| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| <u>Combinazione n° 15 - Frequente (SLE)</u> | | | | |
| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |
| <u>Combinazione n° 16 - Quasi Permanente (SLE)</u> | | | | |
| | 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 |
| <u>Combinazione n° 17 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo</u> | | | | |
| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| <u>Combinazione n° 18 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo</u> | | | | |
| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| <u>Combinazione n° 19 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo</u> | | | | |
| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |
| <u>Combinazione n° 20 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo</u> | | | | |
| | 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 |
| Veicolare | SFAV | 1.00 | 0.75 | 0.75 |

Combinazione n° 21 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

| | 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° 22 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

| | 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 |

Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su $N\gamma$ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su $N\gamma$ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

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

| | |
|--------------------------|---|
| <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_{QLM}</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_{QLM} | CS_{STAB} |
|----------|-------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | A1-M1 - [1] | -- | 1.62 | -- | 8.31 | -- |
| 2 | EQU - [1] | -- | -- | 6.71 | -- | -- |
| 3 | STAB - [1] | -- | -- | -- | -- | 1.34 |
| 4 | A1-M1 - [2] | -- | 1.12 | -- | 6.21 | -- |
| 5 | EQU - [2] | -- | -- | 3.77 | -- | -- |
| 6 | STAB - [2] | -- | -- | -- | -- | 1.12 |
| 7 | A1-M1 - [3] | Orizzontale + Verticale positivo | 1.24 | -- | 6.81 | -- |
| 8 | A1-M1 - [3] | Orizzontale + Verticale negativo | 1.18 | -- | 7.09 | -- |
| 9 | EQU - [3] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | 3.27 | -- | -- |
| 10 | EQU - [3] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | 2.58 | -- | -- |
| 11 | STAB - [3] | Orizzontale + Verticale positivo | -- | -- | -- | 1.45 |
| 12 | STAB - [3] | Orizzontale + Verticale negativo | -- | -- | -- | 1.46 |
| 13 | A1-M1 - [4] | Orizzontale + Verticale positivo | 1.24 | -- | 6.81 | -- |
| 14 | SLER - [2] | -- | 1.58 | -- | 8.36 | -- |
| 15 | SLEF - [2] | -- | 1.71 | -- | 8.69 | -- |
| 16 | SLEQ - [2] | -- | 2.27 | -- | 9.74 | -- |
| 17 | SLER - [2] | Orizzontale + Verticale positivo | 1.18 | -- | 6.46 | -- |
| 18 | SLER - [2] | Orizzontale + Verticale negativo | 1.17 | -- | 6.69 | -- |
| 19 | SLEF - [2] | Orizzontale + Verticale positivo | 1.27 | -- | 7.09 | -- |
| 20 | SLEF - [2] | Orizzontale + Verticale negativo | 1.25 | -- | 7.35 | -- |
| 21 | SLEQ - [2] | Orizzontale + Verticale positivo | 1.62 | -- | 8.44 | -- |
| 22 | SLEQ - [2] | Orizzontale + Verticale negativo | 1.59 | -- | 8.85 | -- |

Analisi della spinta e verifiche

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

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

Sisma

Identificazione del sito

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| Latitudine | 44.824537 |
| Longitudine | 7.306574 |
| Comune | Bricherasio |
| Provincia | Torino |
| Regione | Piemonte |
| Punti di interpolazione del reticolo | 14675 - 14897 - 14898 - 14676 |

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 | 1.30 [m/s ²] |
| Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) | 1.80 |
| Coefficiente di amplificazione topografica (St) | 1.20 |
| Coefficiente riduzione (β_m) | 0.38 |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale | 0.50 |
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 10.91$ |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) | $k_v=0.50 * k_h = 5.46$ |

Combinazioni SLE

| | |
|---|-----------------------------------|
| Accelerazione al suolo a_g | 0.51 [m/s ²] |
| Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) | 1.80 |
| Coefficiente di amplificazione topografica (St) | 1.20 |
| Coefficiente riduzione (β_m) | 0.47 |
| Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale | 0.50 |
| Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) | $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 5.33$ |
| Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) | $k_v=0.50 * k_h = 2.66$ |

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

| | |
|--|-----------|
| Partecipazione spinta passiva (percento) | 0.0 |
| Lunghezza del muro | 38.00 [m] |

| | |
|---------------------|-----------------|
| Peso muro | 16822.72 [kg] |
| Baricentro del muro | X=-0.95 Y=-2.32 |

Superficie di spinta

| | |
|--|--------------------|
| Punto inferiore superficie di spinta | X = 0.00 Y = -4.00 |
| Punto superiore superficie di spinta | X = 0.00 Y = 0.00 |
| Altezza della superficie di spinta | 4.00 [m] |
| Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale) | 0.00 [°] |

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | |
|---|--------------|
| Valore della spinta statica | 2836.68 [kg] |
| Componente orizzontale della spinta statica | 2642.31 [kg] |
| Componente verticale della spinta statica | 1031.97 [kg] |

| | | | | |
|--|-----------|-------|-----------|-----|
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.85 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.11 | [°] | | |
| Spinta falda | 2106.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Risultanti | | | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 4748.31 | [kg] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18033.71 | [kg] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18033.71 | [kg] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 4748.31 | [kg] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0.11 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 18648.36 | [kg] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 14.75 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -1943.51 | [kgm] | | |
| Carico ultimo della fondazione | 149877.39 | [kg] | | |
| Tensioni sul terreno | | | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 52.39 | [kPa] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 88.88 | [kPa] | | |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.70$ | $i_q = 0.70$ | $i_\gamma = 0.29$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 28.81$ | $N'_q = 17.51$ | $N'_\gamma = 6.91$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.62 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 8.31 |

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 1**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|-------|-------|------|----|------------|----|----|----------|----|
| 1 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | -- | 0 | -- | -- | 0.00 | -- |
| 2 | 0.30 | 110.04 | 755 | -19 | 0 | -- | 8 | -- | -- | 99.90 | -- |
| 3 | 0.60 | 120.08 | 1579 | -80 | 0 | -- | 16 | -- | -- | 99.90 | -- |
| 4 | 0.90 | 130.11 | 2474 | -185 | 5 | -- | 25 | -- | -- | 14209.02 | -- |
| 5 | 1.20 | 140.15 | 3438 | -332 | 51 | -- | 34 | -- | -- | 1491.78 | -- |
| 6 | 1.50 | 150.19 | 4472 | -509 | 151 | -- | 42 | -- | -- | 550.16 | -- |
| 7 | 1.80 | 160.23 | 5575 | -705 | 304 | -- | 50 | -- | -- | 295.40 | -- |
| 8 | 2.10 | 170.27 | 6749 | -907 | 511 | -- | 57 | -- | -- | 189.49 | -- |
| 9 | 2.40 | 180.30 | 7992 | -1100 | 792 | -- | 63 | -- | -- | 131.35 | -- |
| 10 | 2.70 | 190.34 | 9305 | -1256 | 1215 | -- | 68 | -- | -- | 91.58 | -- |
| 11 | 3.00 | 200.38 | 10687 | -1334 | 1785 | -- | 72 | -- | -- | 66.52 | -- |

COMBINAZIONE n° 2

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 2836.68 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 2642.31 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1031.97 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.85 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.11 | [°] | | |
| Spinta falda | 2106.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 4748.31 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18033.71 | [kg] |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 4297.38 | [kgm] |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 28817.17 | [kgm] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18033.71 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 4748.31 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0.11 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 18648.36 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 14.75 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -1943.51 | [kgm] |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 6.71 |
|--|------|

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2

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

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

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|----|----|----|-------|------------|-------|------|----|---------|
| 1 | 0.00 | 100.00 | -- | -- | -- | 0.00 | -- | 0 | 0 | -- | 0.00 |
| 2 | 0.30 | 110.04 | -- | -- | -- | 2.56 | -- | 435 | 0 | -- | 99.90 |
| 3 | 0.60 | 120.08 | -- | -- | -- | 5.05 | -- | 1028 | 0 | -- | 99.90 |
| 4 | 0.90 | 130.11 | -- | -- | -- | 7.47 | -- | 1797 | 0 | -- | 6620.08 |
| 5 | 1.20 | 140.15 | -- | -- | -- | 9.65 | -- | 2776 | 7 | -- | 379.36 |
| 6 | 1.50 | 150.19 | -- | -- | -- | 11.39 | -- | 3992 | 36 | -- | 110.25 |
| 7 | 1.80 | 160.23 | -- | -- | -- | 12.65 | -- | 5465 | 103 | -- | 53.04 |
| 8 | 2.10 | 170.27 | -- | -- | -- | 13.43 | -- | 7216 | 224 | -- | 32.22 |
| 9 | 2.40 | 180.30 | -- | -- | -- | 13.77 | -- | 9260 | 416 | -- | 22.25 |
| 10 | 2.70 | 190.34 | -- | -- | -- | 13.50 | -- | 11608 | 714 | -- | 16.27 |
| 11 | 3.00 | 200.38 | -- | -- | -- | 12.48 | -- | 14273 | 1160 | -- | 12.30 |

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 3

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 [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2.78 Y[m]= 0.00

Raggio del cerchio R[m]= 4.87

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.55

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.09

Larghezza della striscia dx[m]= 0.31

Coefficiente di sicurezza C= 1.34

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

| Striscia | W | $\alpha(^{\circ})$ | Wsin α | b/cos α | ϕ | c | u |
|----------|---------|--------------------|---------------|----------------|--------|---|----|
| 1 | 466.79 | 79.80 | 459.41 | 1.73 | 26.56 | 4 | 0 |
| 2 | 1117.37 | 65.30 | 1015.17 | 0.73 | 26.56 | 4 | 0 |
| 3 | 1455.91 | 57.65 | 1229.88 | 0.57 | 26.56 | 4 | 4 |
| 4 | 1720.07 | 51.41 | 1344.42 | 0.49 | 26.56 | 4 | 8 |
| 5 | 1933.39 | 45.94 | 1389.47 | 0.44 | 26.56 | 4 | 12 |
| 6 | 2110.85 | 40.98 | 1384.35 | 0.40 | 26.56 | 4 | 14 |
| 7 | 2359.36 | 36.37 | 1399.17 | 0.38 | 26.56 | 4 | 17 |
| 8 | 3002.90 | 32.02 | 1592.33 | 0.36 | 26.56 | 4 | 0 |
| 9 | 3099.82 | 27.87 | 1449.21 | 0.35 | 26.56 | 4 | 0 |
| 10 | 3181.39 | 23.88 | 1287.76 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 11 | 2987.78 | 20.00 | 1021.97 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 12 | 2378.12 | 16.22 | 664.28 | 0.32 | 26.56 | 4 | 0 |
| 13 | 1752.02 | 12.51 | 379.51 | 0.31 | 26.56 | 4 | 0 |
| 14 | 1333.39 | 8.85 | 205.21 | 0.31 | 26.56 | 4 | 0 |
| 15 | 1278.27 | 5.23 | 116.56 | 0.31 | 26.56 | 4 | 0 |
| 16 | 1051.23 | 1.63 | 29.93 | 0.31 | 26.56 | 4 | 0 |
| 17 | 982.37 | -1.96 | -33.63 | 0.31 | 26.56 | 4 | 0 |
| 18 | 910.20 | -5.56 | -88.24 | 0.31 | 26.56 | 4 | 0 |
| 19 | 827.32 | -9.19 | -132.09 | 0.31 | 26.56 | 4 | 0 |
| 20 | 733.47 | -12.85 | -163.10 | 0.31 | 26.56 | 4 | 0 |
| 21 | 628.23 | -16.56 | -179.10 | 0.32 | 26.56 | 4 | 0 |
| 22 | 510.99 | -20.35 | -177.73 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 23 | 380.92 | -24.24 | -156.38 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 24 | 236.89 | -28.25 | -112.11 | 0.35 | 26.56 | 4 | 0 |
| 25 | 77.35 | -32.41 | -41.46 | 0.36 | 26.56 | 4 | 0 |

 $\Sigma W_i = 36516.39$ [kg] $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 13884.80$ [kg] $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 15496.35$ [kg] $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 4315.49$ [kg]COMBINAZIONE n° 4**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 5470.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 5095.85 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1990.20 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.62 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 56.98 | [°] | | |
| Spinta falda | 2106.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 7201.85 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18991.95 | [kg] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18991.95 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 7201.85 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.04 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 20311.59 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 20.77 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 844.51 | [kgm] |
| Carico ultimo della fondazione | 117999.53 | [kg] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 82.31 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 66.46 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---------------------------------|---------------|---------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.59$ | $i_q = 0.59$ | $i_\gamma = 0.12$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

| | | | |
|--|----------------|----------------|--------------------|
| | $N'_c = 24.39$ | $N'_q = 14.82$ | $N'_\gamma = 2.93$ |
|--|----------------|----------------|--------------------|

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.12 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 6.21 |

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|-------|------|------|----|------------|----|----|---------|----|
| 1 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | -- | 0 | -- | -- | 0.00 | -- |
| 2 | 0.30 | 110.04 | 755 | -19 | 0 | -- | 8 | -- | -- | 99.90 | -- |
| 3 | 0.60 | 120.08 | 1579 | -79 | 9 | -- | 16 | -- | -- | 7361.66 | -- |
| 4 | 0.90 | 130.11 | 2474 | -165 | 150 | -- | 24 | -- | -- | 463.59 | -- |
| 5 | 1.20 | 140.15 | 3438 | -239 | 397 | -- | 31 | -- | -- | 191.30 | -- |
| 6 | 1.50 | 150.19 | 4472 | -281 | 711 | -- | 37 | -- | -- | 116.50 | -- |
| 7 | 1.80 | 160.23 | 5575 | -275 | 1085 | -- | 40 | -- | -- | 82.76 | -- |
| 8 | 2.10 | 170.27 | 6749 | -209 | 1516 | -- | 43 | -- | -- | 63.88 | -- |
| 9 | 2.40 | 180.30 | 7992 | -68 | 2022 | -- | 45 | -- | -- | 51.42 | -- |
| 10 | 2.70 | 190.34 | 9305 | 180 | 2673 | -- | 51 | -- | -- | 41.63 | -- |
| 11 | 3.00 | 200.38 | 10687 | 573 | 3471 | -- | 61 | -- | -- | 34.20 | -- |

COMBINAZIONE n° 5

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 5470.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 5095.85 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1990.20 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.62 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 56.98 | [°] | | |
| Spinta falda | 2106.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |

Risultanti

| | | |
|--|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 7201.85 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18991.95 | [kg] |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 8285.02 | [kgm] |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 31216.39 | [kgm] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18991.95 | [kg] |

| | | |
|---|----------|-------|
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 7201.85 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.04 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 20311.59 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 20.77 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 844.51 | [kgm] |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 3.77 |
|--|------|

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 5**

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

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

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|----|----|----|------|------------|-------|------|----|---------|
| 1 | 0.00 | 100.00 | -- | -- | -- | 0.00 | -- | 0 | 0 | -- | 0.00 |
| 2 | 0.30 | 110.04 | -- | -- | -- | 2.56 | -- | 435 | 0 | -- | 99.90 |
| 3 | 0.60 | 120.08 | -- | -- | -- | 5.03 | -- | 1032 | 0 | -- | 3025.89 |
| 4 | 0.90 | 130.11 | -- | -- | -- | 6.69 | -- | 1871 | 20 | -- | 94.80 |
| 5 | 1.20 | 140.15 | -- | -- | -- | 6.96 | -- | 2966 | 100 | -- | 29.65 |
| 6 | 1.50 | 150.19 | -- | -- | -- | 6.28 | -- | 4321 | 265 | -- | 16.32 |
| 7 | 1.80 | 160.23 | -- | -- | -- | 4.94 | -- | 5953 | 533 | -- | 11.18 |
| 8 | 2.10 | 170.27 | -- | -- | -- | 3.10 | -- | 7884 | 921 | -- | 8.56 |
| 9 | 2.40 | 180.30 | -- | -- | -- | 0.85 | -- | 10127 | 1449 | -- | 6.99 |
| 10 | 2.70 | 190.34 | -- | -- | -- | 1.93 | -- | 12691 | 2149 | -- | 5.90 |
| 11 | 3.00 | 200.38 | -- | -- | -- | 5.36 | -- | 15592 | 3067 | -- | 5.08 |

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

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 [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2.78 Y[m]= 0.62

Raggio del cerchio R[m]= 5.39

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.54

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.58

Larghezza della striscia dx[m]= 0.32

Coefficiente di sicurezza C= 1.12

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 | 1225.90 | 76.03 | 1189.62 | 1.34 | 26.56 | 4 | 0 |
| 2 | 1811.08 | 65.01 | 1641.56 | 0.77 | 26.56 | 4 | 0 |
| 3 | 2171.20 | 57.69 | 1835.11 | 0.61 | 26.56 | 4 | 1 |
| 4 | 2469.00 | 51.68 | 1937.06 | 0.52 | 26.56 | 4 | 5 |
| 5 | 2713.20 | 46.39 | 1964.60 | 0.47 | 26.56 | 4 | 9 |
| 6 | 2917.53 | 41.58 | 1936.38 | 0.43 | 26.56 | 4 | 12 |
| 7 | 2585.68 | 37.11 | 1560.11 | 0.41 | 26.56 | 4 | 14 |
| 8 | 2433.71 | 32.89 | 1321.64 | 0.39 | 26.56 | 4 | 17 |
| 9 | 3176.88 | 28.87 | 1533.67 | 0.37 | 26.56 | 4 | 0 |
| 10 | 3273.46 | 24.99 | 1382.97 | 0.36 | 26.56 | 4 | 0 |
| 11 | 3354.60 | 21.24 | 1215.05 | 0.35 | 26.56 | 4 | 0 |
| 12 | 3058.41 | 17.57 | 923.44 | 0.34 | 26.56 | 4 | 0 |
| 13 | 2355.68 | 13.99 | 569.30 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 14 | 1650.03 | 10.45 | 299.33 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 15 | 1335.43 | 6.96 | 161.78 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 16 | 1214.42 | 3.49 | 73.94 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 17 | 1024.42 | 0.04 | 0.65 | 0.32 | 26.56 | 4 | 0 |
| 18 | 949.70 | -3.42 | -56.63 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 19 | 863.46 | -6.89 | -103.52 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 20 | 765.51 | -10.38 | -137.90 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 21 | 655.50 | -13.91 | -157.59 | 0.33 | 26.56 | 4 | 0 |
| 22 | 532.96 | -17.50 | -160.25 | 0.34 | 26.56 | 4 | 0 |
| 23 | 397.19 | -21.16 | -143.36 | 0.35 | 26.56 | 4 | 0 |
| 24 | 247.25 | -24.91 | -104.15 | 0.36 | 26.56 | 4 | 0 |
| 25 | 81.90 | -28.78 | -39.44 | 0.37 | 26.56 | 4 | 0 |

 $\Sigma W_i = 43264.10$ [kg] $\Sigma W_i \sin\alpha_i = 18643.37$ [kg] $\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 17767.85$ [kg] $\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 4380.48$ [kg]COMBINAZIONE n° 7

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 1817.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 1693.15 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 661.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.61 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 1495.06 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 52.48 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |

| | | |
|--|---------|------|
| Inerzia del muro | 1835.61 | [kg] |
| Inerzia verticale del muro | 917.80 | [kg] |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 6560.91 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 19124.71 | [kg] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 19124.71 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 6560.91 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.03 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 20218.80 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18.94 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 632.54 | [kgm] |
| Carico ultimo della fondazione | 130318.53 | [kg] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 80.84 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 68.97 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.62$ | $i_q = 0.62$ | $i_\gamma = 0.17$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 25.69$ | $N'_q = 15.61$ | $N'_\gamma = 3.97$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.24 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 6.81 |

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 7**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|-------|------|------|----|------------|----|----|--------|----|
| 1 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | -- | 0 | -- | -- | 0.00 | -- |
| 2 | 0.30 | 110.04 | 755 | -7 | 82 | -- | 7 | -- | -- | 683.84 | -- |
| 3 | 0.60 | 120.08 | 1579 | -30 | 172 | -- | 14 | -- | -- | 364.23 | -- |
| 4 | 0.90 | 130.11 | 2474 | -69 | 270 | -- | 21 | -- | -- | 256.88 | -- |
| 5 | 1.20 | 140.15 | 3438 | -125 | 389 | -- | 28 | -- | -- | 195.26 | -- |
| 6 | 1.50 | 150.19 | 4472 | -188 | 583 | -- | 34 | -- | -- | 142.03 | -- |
| 7 | 1.80 | 160.23 | 5575 | -236 | 861 | -- | 40 | -- | -- | 104.30 | -- |
| 8 | 2.10 | 170.27 | 6749 | -248 | 1222 | -- | 44 | -- | -- | 79.24 | -- |
| 9 | 2.40 | 180.30 | 7992 | -202 | 1678 | -- | 47 | -- | -- | 61.97 | -- |
| 10 | 2.70 | 190.34 | 9305 | -66 | 2273 | -- | 49 | -- | -- | 48.96 | -- |
| 11 | 3.00 | 200.38 | 10687 | 198 | 3006 | -- | 55 | -- | -- | 39.49 | -- |

COMBINAZIONE n° 8

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 1817.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 1693.15 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 661.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.61 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 1129.13 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 51.98 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |

| | | | | |
|---|----------|------|-----------|-----|
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 1835.61 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | -917.80 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | | | |
|---|-----------|-------|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 6220.05 | [kg] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 17155.98 | [kg] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 17155.98 | [kg] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 6220.05 | [kg] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.06 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 18248.74 | [kg] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 19.93 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 993.30 | [kgm] | | |
| Carico ultimo della fondazione | 121589.19 | [kg] | | |

Tensioni sul terreno

| | | | | |
|--|-------|-------|--|--|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 76.52 | [kPa] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 57.87 | [kPa] | | |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.61$ | $i_q = 0.61$ | $i_\gamma = 0.14$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 24.98$ | $N'_q = 15.18$ | $N'_\gamma = 3.39$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.18 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 7.09 |

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 8**

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

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

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|-------|------|------|----|------------|----|----|--------|----|
| 1 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | -- | 0 | -- | -- | 0.00 | -- |
| 2 | 0.30 | 110.04 | 755 | -7 | 82 | -- | 7 | -- | -- | 683.84 | -- |
| 3 | 0.60 | 120.08 | 1579 | -30 | 172 | -- | 14 | -- | -- | 364.23 | -- |
| 4 | 0.90 | 130.11 | 2474 | -69 | 270 | -- | 21 | -- | -- | 256.88 | -- |
| 5 | 1.20 | 140.15 | 3438 | -125 | 388 | -- | 28 | -- | -- | 196.21 | -- |
| 6 | 1.50 | 150.19 | 4472 | -190 | 571 | -- | 34 | -- | -- | 145.15 | -- |
| 7 | 1.80 | 160.23 | 5575 | -244 | 827 | -- | 40 | -- | -- | 108.49 | -- |
| 8 | 2.10 | 170.27 | 6749 | -271 | 1158 | -- | 44 | -- | -- | 83.62 | -- |
| 9 | 2.40 | 180.30 | 7992 | -250 | 1575 | -- | 48 | -- | -- | 66.04 | -- |
| 10 | 2.70 | 190.34 | 9305 | -152 | 2124 | -- | 50 | -- | -- | 52.40 | -- |
| 11 | 3.00 | 200.38 | 10687 | 60 | 2806 | -- | 53 | -- | -- | 42.31 | -- |

COMBINAZIONE n° 9

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 1817.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 1693.15 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 661.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.61 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 2458.12 | [kg] | | |

| | | | | |
|---|----------|------|-----------|-----|
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 48.42 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 2753.41 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | 1376.70 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | | | |
|---|----------|-------|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 8385.56 | [kg] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 19933.96 | [kg] | | |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 9878.31 | [kgm] | | |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 32270.08 | [kgm] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 19933.96 | [kg] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 8385.56 | [kg] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.13 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 21625.92 | [kg] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 22.81 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 2563.42 | [kgm] | | |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 3.27

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 9**L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|----|----|----|-------|------------|-------|------|----|-------|
| 1 | 0.00 | 100.00 | -- | -- | -- | 0.00 | -- | 0 | 0 | -- | 0.00 |
| 2 | 0.30 | 110.04 | -- | -- | -- | 0.14 | -- | 435 | 18 | -- | 23.82 |
| 3 | 0.60 | 120.08 | -- | -- | -- | 0.29 | -- | 1028 | 75 | -- | 13.66 |
| 4 | 0.90 | 130.11 | -- | -- | -- | 0.43 | -- | 1795 | 174 | -- | 10.28 |
| 5 | 1.20 | 140.15 | -- | -- | -- | 0.54 | -- | 2758 | 321 | -- | 8.60 |
| 6 | 1.50 | 150.19 | -- | -- | -- | 0.27 | -- | 3976 | 533 | -- | 7.45 |
| 7 | 1.80 | 160.23 | -- | -- | -- | 0.66 | -- | 5479 | 845 | -- | 6.49 |
| 8 | 2.10 | 170.27 | -- | -- | -- | 2.33 | -- | 7293 | 1288 | -- | 5.66 |
| 9 | 2.40 | 180.30 | -- | -- | -- | 4.74 | -- | 9437 | 1896 | -- | 4.98 |
| 10 | 2.70 | 190.34 | -- | -- | -- | 7.96 | -- | 11914 | 2710 | -- | 4.40 |
| 11 | 3.00 | 200.38 | -- | -- | -- | 12.02 | -- | 14740 | 3779 | -- | 3.90 |

COMBINAZIONE n° 10

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 1817.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 1693.15 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 661.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.61 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 1943.84 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 46.92 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 2753.41 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | -1376.70 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | |
|---|----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 7906.51 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 16993.46 | [kg] |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle | 11508.81 | [kgm] |
| Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle | 29659.58 | [kgm] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 16993.46 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 7906.51 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.18 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 18742.75 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 24.95 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 3123.23 | [kgm] |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|--|------|
| Coefficiente di sicurezza a ribaltamento | 2.58 |
|--|------|

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 10

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|----|----|----|-------|------------|-------|------|----|-------|
| 1 | 0.00 | 100.00 | -- | -- | -- | 0.00 | -- | 0 | 0 | -- | 0.00 |
| 2 | 0.30 | 110.04 | -- | -- | -- | 0.14 | -- | 435 | 18 | -- | 23.82 |
| 3 | 0.60 | 120.08 | -- | -- | -- | 0.29 | -- | 1028 | 75 | -- | 13.66 |
| 4 | 0.90 | 130.11 | -- | -- | -- | 0.43 | -- | 1795 | 174 | -- | 10.28 |
| 5 | 1.20 | 140.15 | -- | -- | -- | 0.54 | -- | 2757 | 320 | -- | 8.60 |
| 6 | 1.50 | 150.19 | -- | -- | -- | 0.34 | -- | 3965 | 530 | -- | 7.48 |
| 7 | 1.80 | 160.23 | -- | -- | -- | 0.43 | -- | 5449 | 832 | -- | 6.55 |
| 8 | 2.10 | 170.27 | -- | -- | -- | 1.83 | -- | 7231 | 1254 | -- | 5.77 |
| 9 | 2.40 | 180.30 | -- | -- | -- | 3.87 | -- | 9330 | 1826 | -- | 5.11 |
| 10 | 2.70 | 190.34 | -- | -- | -- | 6.61 | -- | 11752 | 2585 | -- | 4.55 |
| 11 | 3.00 | 200.38 | -- | -- | -- | 10.13 | -- | 14511 | 3577 | -- | 4.06 |

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 [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 [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2.78 Y[m]= 0.62

Raggio del cerchio R[m]= 5.39

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.54

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.58

Larghezza della striscia dx[m]= 0.32

Coefficiente di sicurezza C= 1.45

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 | 381.48 | 76.03 | 370.19 | 1.34 | 32.00 | 5 | 0 |
| 2 | 966.66 | 65.01 | 876.18 | 0.77 | 32.00 | 5 | 0 |
| 3 | 1326.79 | 57.69 | 1121.40 | 0.61 | 32.00 | 5 | 1 |
| 4 | 1624.58 | 51.68 | 1274.57 | 0.52 | 32.00 | 5 | 5 |
| 5 | 1868.78 | 46.39 | 1353.16 | 0.47 | 32.00 | 5 | 9 |
| 6 | 2073.11 | 41.58 | 1375.94 | 0.43 | 32.00 | 5 | 12 |
| 7 | 2246.51 | 37.11 | 1355.47 | 0.41 | 32.00 | 5 | 14 |
| 8 | 2433.71 | 32.89 | 1321.64 | 0.39 | 32.00 | 5 | 17 |
| 9 | 3176.88 | 28.87 | 1533.67 | 0.37 | 32.00 | 5 | 0 |
| 10 | 3273.46 | 24.99 | 1382.97 | 0.36 | 32.00 | 5 | 0 |
| 11 | 3354.60 | 21.24 | 1215.05 | 0.35 | 32.00 | 5 | 0 |
| 12 | 3058.41 | 17.57 | 923.44 | 0.34 | 32.00 | 5 | 0 |
| 13 | 2355.68 | 13.99 | 569.30 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 14 | 1650.03 | 10.45 | 299.33 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 15 | 1335.43 | 6.96 | 161.78 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 16 | 1214.42 | 3.49 | 73.94 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 17 | 1024.42 | 0.04 | 0.65 | 0.32 | 32.00 | 5 | 0 |
| 18 | 949.70 | -3.42 | -56.63 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 19 | 863.46 | -6.89 | -103.52 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 20 | 765.51 | -10.38 | -137.90 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 21 | 655.50 | -13.91 | -157.59 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 22 | 532.96 | -17.50 | -160.25 | 0.34 | 32.00 | 5 | 0 |
| 23 | 397.19 | -21.16 | -143.36 | 0.35 | 32.00 | 5 | 0 |
| 24 | 247.25 | -24.91 | -104.15 | 0.36 | 32.00 | 5 | 0 |
| 25 | 81.90 | -28.78 | -39.44 | 0.37 | 32.00 | 5 | 0 |

 $\Sigma W_i = 37858.42$ [kg] $\Sigma W_i \sin\alpha_i = 14305.84$ [kg] $\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 20322.71$ [kg] $\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 5475.60$ [kg]

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 [kPa] |
| b | larghezza della striscia espressa in [m] |
| u | pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa] |

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2.78 Y[m]= 0.62

Raggio del cerchio R[m]= 5.39

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.54

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.58

Larghezza della striscia dx[m]= 0.32

Coefficiente di sicurezza C= 1.46

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 | 381.48 | 76.03 | 370.19 | 1.34 | 32.00 | 5 | 0 |
| 2 | 966.66 | 65.01 | 876.18 | 0.77 | 32.00 | 5 | 0 |
| 3 | 1326.79 | 57.69 | 1121.40 | 0.61 | 32.00 | 5 | 1 |
| 4 | 1624.58 | 51.68 | 1274.57 | 0.52 | 32.00 | 5 | 5 |
| 5 | 1868.78 | 46.39 | 1353.16 | 0.47 | 32.00 | 5 | 9 |
| 6 | 2073.11 | 41.58 | 1375.94 | 0.43 | 32.00 | 5 | 12 |
| 7 | 2246.51 | 37.11 | 1355.47 | 0.41 | 32.00 | 5 | 14 |
| 8 | 2433.71 | 32.89 | 1321.64 | 0.39 | 32.00 | 5 | 17 |
| 9 | 3176.88 | 28.87 | 1533.67 | 0.37 | 32.00 | 5 | 0 |
| 10 | 3273.46 | 24.99 | 1382.97 | 0.36 | 32.00 | 5 | 0 |
| 11 | 3354.60 | 21.24 | 1215.05 | 0.35 | 32.00 | 5 | 0 |
| 12 | 3058.41 | 17.57 | 923.44 | 0.34 | 32.00 | 5 | 0 |
| 13 | 2355.68 | 13.99 | 569.30 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 14 | 1650.03 | 10.45 | 299.33 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 15 | 1335.43 | 6.96 | 161.78 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 16 | 1214.42 | 3.49 | 73.94 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 17 | 1024.42 | 0.04 | 0.65 | 0.32 | 32.00 | 5 | 0 |
| 18 | 949.70 | -3.42 | -56.63 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 19 | 863.46 | -6.89 | -103.52 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 20 | 765.51 | -10.38 | -137.90 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 21 | 655.50 | -13.91 | -157.59 | 0.33 | 32.00 | 5 | 0 |
| 22 | 532.96 | -17.50 | -160.25 | 0.34 | 32.00 | 5 | 0 |
| 23 | 397.19 | -21.16 | -143.36 | 0.35 | 32.00 | 5 | 0 |
| 24 | 247.25 | -24.91 | -104.15 | 0.36 | 32.00 | 5 | 0 |
| 25 | 81.90 | -28.78 | -39.44 | 0.37 | 32.00 | 5 | 0 |

 $\Sigma W_i = 37858.42$ [kg] $\Sigma W_i \sin\alpha_i = 14305.84$ [kg] $\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 20322.71$ [kg] $\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 5475.60$ [kg]COMBINAZIONE n° 13**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 1817.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 1693.15 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 661.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.61 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 1495.06 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 52.48 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |

| | | | | |
|---|----------|------|----------|-----|
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 1835.61 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | 917.80 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | | | |
|---|-----------|-------|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 6560.91 | [kg] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 19124.71 | [kg] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 19124.71 | [kg] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 6560.91 | [kg] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.03 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 20218.80 | [kg] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18.94 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 632.54 | [kgm] | | |
| Carico ultimo della fondazione | 130318.53 | [kg] | | |

Tensioni sul terreno

| | | | | |
|--|-------|-------|--|--|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 80.84 | [kPa] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 68.97 | [kPa] | | |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.62$ | $i_q = 0.62$ | $i_\gamma = 0.17$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 25.69$ | $N'_q = 15.61$ | $N'_\gamma = 3.97$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.24 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 6.81 |

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 13

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

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

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

| Nr. | Y | H | N | M | T | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|-------|------|------|----|------------|----|----|--------|----|
| 1 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | -- | 0 | -- | -- | 0.00 | -- |
| 2 | 0.30 | 110.04 | 755 | -7 | 82 | -- | 7 | -- | -- | 683.84 | -- |
| 3 | 0.60 | 120.08 | 1579 | -30 | 172 | -- | 14 | -- | -- | 364.23 | -- |
| 4 | 0.90 | 130.11 | 2474 | -69 | 270 | -- | 21 | -- | -- | 256.88 | -- |
| 5 | 1.20 | 140.15 | 3438 | -125 | 389 | -- | 28 | -- | -- | 195.26 | -- |
| 6 | 1.50 | 150.19 | 4472 | -188 | 583 | -- | 34 | -- | -- | 142.03 | -- |
| 7 | 1.80 | 160.23 | 5575 | -236 | 861 | -- | 40 | -- | -- | 104.30 | -- |
| 8 | 2.10 | 170.27 | 6749 | -248 | 1222 | -- | 44 | -- | -- | 79.24 | -- |
| 9 | 2.40 | 180.30 | 7992 | -202 | 1678 | -- | 47 | -- | -- | 61.97 | -- |
| 10 | 2.70 | 190.34 | 9305 | -66 | 2273 | -- | 49 | -- | -- | 48.96 | -- |
| 11 | 3.00 | 200.38 | 10687 | 198 | 3006 | -- | 55 | -- | -- | 39.49 | -- |

COMBINAZIONE n° 14**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 3531.86 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 3289.86 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1284.87 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.68 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 57.48 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |

| | | | | |
|---|----------|------|----------|-----|
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |

Risultanti

| | | | | |
|---|-----------|-------|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 4909.86 | [kg] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18286.61 | [kg] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18286.61 | [kg] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 4909.86 | [kg] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0.07 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 18934.28 | [kg] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 15.03 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -1256.53 | [kgm] | | |
| Carico ultimo della fondazione | 152944.81 | [kg] | | |

Tensioni sul terreno

| | | | | |
|--|-------|-------|--|--|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 59.83 | [kPa] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 83.42 | [kPa] | | |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.69$ | $i_q = 0.69$ | $i_\gamma = 0.28$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 28.59$ | $N'_q = 17.38$ | $N'_\gamma = 6.69$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.58 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 8.36 |

COMBINAZIONE n° 15**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 3095.35 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 2883.26 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1126.07 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.73 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 57.86 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |

Risultanti

| | | | | |
|---|-----------|-------|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 4503.26 | [kg] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18127.81 | [kg] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18127.81 | [kg] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 4503.26 | [kg] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0.09 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 18678.78 | [kg] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 13.95 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -1721.79 | [kgm] | | |
| Carico ultimo della fondazione | 157446.65 | [kg] | | |

Tensioni sul terreno

| | | | | |
|--|-------|-------|--|--|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 54.84 | [kPa] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 87.16 | [kPa] | | |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.71$ | $i_q = 0.71$ | $i_\gamma = 0.32$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 29.42$ | $N'_q = 17.88$ | $N'_\gamma = 7.57$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.71 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 8.69 |

COMBINAZIONE n° 16**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 1817.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 1693.15 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 661.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.61 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 3313.15 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 17663.01 | [kg] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 17663.01 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 3313.15 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0.17 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 17971.06 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 10.62 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -2996.76 | [kgm] |
| Carico ultimo della fondazione | 172017.36 | [kg] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 41.05 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 97.31 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|---------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.78$ | $i_q = 0.78$ | $i_\gamma = 0.45$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 32.05$ | $N'_q = 19.48$ | $N'_\gamma = 10.62$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 2.27 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 9.74 |

COMBINAZIONE n° 17**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 3531.86 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 3289.86 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1284.87 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.68 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 57.48 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 1111.05 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.68 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 53.98 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 896.33 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | 448.17 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | |
|--|----------|------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 6850.65 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 19138.97 | [kg] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 19138.97 | [kg] |

| | | |
|---|-----------|-------|
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 6850.65 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.05 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 20328.10 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 19.69 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 977.79 | [kgm] |
| Carico ultimo della fondazione | 123696.11 | [kg] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 84.14 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 65.79 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.61$ | $i_q = 0.61$ | $i_\gamma = 0.15$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 25.15$ | $N'_q = 15.28$ | $N'_\gamma = 3.52$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.18 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 6.46 |

COMBINAZIONE n° 18**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 3531.86 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 3289.86 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1284.87 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.68 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 57.48 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 832.83 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.68 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 53.92 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 896.33 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | -448.17 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 6591.49 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18141.42 | [kg] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18141.42 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 6591.49 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.06 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 19301.79 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 19.97 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 1036.00 | [kgm] |
| Carico ultimo della fondazione | 121434.01 | [kg] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 80.78 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 61.33 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.61$ | $i_q = 0.61$ | $i_\gamma = 0.14$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 24.95$ | $N'_q = 15.16$ | $N'_\gamma = 3.36$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.17 |
|---|------|

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 6.69

COMBINAZIONE n° 19

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 3095.35 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 2883.26 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1126.07 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.73 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 57.86 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 1004.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.73 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 54.42 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 896.33 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | 448.17 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | | | |
|---|-----------|-------|--|--|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 6344.59 | [kg] | | |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18941.32 | [kg] | | |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18941.32 | [kg] | | |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 6344.59 | [kg] | | |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.02 | [m] | | |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Risultante in fondazione | 19975.67 | [kg] | | |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18.52 | [°] | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 388.41 | [kgm] | | |
| Carico ultimo della fondazione | 134375.50 | [kg] | | |

Tensioni sul terreno

| | | | | |
|--|-------|-------|--|--|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 77.83 | [kPa] | | |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 70.54 | [kPa] | | |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.63$ | $i_q = 0.63$ | $i_\gamma = 0.18$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 25.99$ | $N'_q = 15.80$ | $N'_\gamma = 4.22$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.27 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 7.09 |

COMBINAZIONE n° 20

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 3095.35 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 2883.26 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 1126.07 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.73 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 57.86 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 747.01 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.73 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 54.29 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 896.33 | [kg] | | |

| | | |
|--|---------|------|
| Inerzia verticale del muro | -448.17 | [kg] |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 6104.95 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 17951.40 | [kg] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 17951.40 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 6104.95 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | 0.03 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 18961.10 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 18.78 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | 473.50 | [kgm] |
| Carico ultimo della fondazione | 132019.64 | [kg] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 74.76 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 65.87 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.63$ | $i_q = 0.63$ | $i_\gamma = 0.17$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 25.80$ | $N'_q = 15.68$ | $N'_\gamma = 4.06$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.25 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 7.35 |

COMBINAZIONE n° 21**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 1817.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 1693.15 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 661.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.61 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 658.97 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 56.29 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 896.33 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | 448.17 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 4832.84 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 18350.90 | [kg] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 18350.90 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 4832.84 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0.07 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 18976.62 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 14.75 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -1262.89 | [kgm] |
| Carico ultimo della fondazione | 154958.26 | [kg] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 60.02 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 83.73 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.70$ | $i_q = 0.70$ | $i_\gamma = 0.29$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 28.80$ | $N'_q = 17.51$ | $N'_\gamma = 6.91$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.62 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 8.44 |

COMBINAZIONE n° 22**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

| | | | | |
|--|----------|------|-----------|-----|
| Valore della spinta statica | 1817.70 | [kg] | | |
| Componente orizzontale della spinta statica | 1693.15 | [kg] | | |
| Componente verticale della spinta statica | 661.27 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie | 21.33 | [°] | | |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche | 59.61 | [°] | | |
| Incremento sismico della spinta | 478.61 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta | X = 0.00 | [m] | Y = -2.93 | [m] |
| Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche | 56.23 | [°] | | |
| Spinta falda | 1620.00 | [kg] | | |
| Punto d'applicazione della spinta della falda | X = 0.00 | [m] | Y = -3.40 | [m] |
| Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte | 0.00 | [kg] | | |
| Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte | X = 0.00 | [m] | Y = 0.00 | [m] |
| Inerzia del muro | 896.33 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del muro | -448.17 | [kg] | | |
| Inerzia del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |
| Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte | 0.00 | [kg] | | |

Risultanti

| | | |
|---|-----------|-------|
| Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale | 4664.84 | [kg] |
| Risultante dei carichi applicati in dir. verticale | 17388.96 | [kg] |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | 17388.96 | [kg] |
| Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione | 4664.84 | [kg] |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | -0.06 | [m] |
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Risultante in fondazione | 18003.79 | [kg] |
| Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) | 15.02 | [°] |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | -1087.63 | [kgm] |
| Carico ultimo della fondazione | 153832.68 | [kg] |

Tensioni sul terreno

| | | |
|--|-------|-------|
| Lunghezza fondazione reagente | 2.50 | [m] |
| Tensione terreno allo spigolo di valle | 57.90 | [kPa] |
| Tensione terreno allo spigolo di monte | 78.32 | [kPa] |

Fattori per il calcolo della capacità portante

| | | | |
|---|----------------|----------------|--------------------|
| Coeff. capacità portante | $N_c = 35.49$ | $N_q = 23.18$ | $N_\gamma = 22.02$ |
| Fattori forma | $s_c = 1.00$ | $s_q = 1.00$ | $s_\gamma = 1.00$ |
| Fattori inclinazione | $i_c = 0.69$ | $i_q = 0.69$ | $i_\gamma = 0.28$ |
| Fattori profondità | $d_c = 1.16$ | $d_q = 1.08$ | $d_\gamma = 1.08$ |
| I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. | | | |
| | $N'_c = 28.60$ | $N'_q = 17.38$ | $N'_\gamma = 6.70$ |

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

| | |
|---|------|
| Coefficiente di sicurezza a scorrimento | 1.59 |
| Coefficiente di sicurezza a carico ultimo | 8.85 |

Involuppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

| | |
|---|--|
| H | altezza della sezione espressa in [cm] |
| N | sforzo normale [kg] |
| M | momento flettente [kgm] |
| T | taglio [kg] |

| | |
|------------|--|
| e | eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm] |
| σ_p | tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa] |
| Ms | momento stabilizzante [kgm] |
| Mr | momento ribaltante [kgm] |
| Cs | coeff. di sicurezza allo scorrimento |
| Cr | coeff. di sicurezza al ribaltamento |

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | H | Nmin | Nmax | Mmin | Mmax | Tmin | Tmax |
|-----|------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0.30 | 110.04 | 755 | 755 | -19 | -7 | 0 | 82 |
| 3 | 0.60 | 120.08 | 1579 | 1579 | -80 | -30 | 0 | 172 |
| 4 | 0.90 | 130.11 | 2474 | 2474 | -185 | -69 | 5 | 270 |
| 5 | 1.20 | 140.15 | 3438 | 3438 | -332 | -125 | 51 | 397 |
| 6 | 1.50 | 150.19 | 4472 | 4472 | -509 | -188 | 151 | 711 |
| 7 | 1.80 | 160.23 | 5575 | 5575 | -705 | -236 | 304 | 1085 |
| 8 | 2.10 | 170.27 | 6749 | 6749 | -907 | -209 | 511 | 1516 |
| 9 | 2.40 | 180.30 | 7992 | 7992 | -1100 | -68 | 792 | 2022 |
| 10 | 2.70 | 190.34 | 9305 | 9305 | -1256 | 180 | 1215 | 2673 |
| 11 | 3.00 | 200.38 | 10687 | 10687 | -1334 | 573 | 1785 | 3471 |

Inviluppo combinazioni SLU

| Nr. | Y | H | e | σ_p | Ms | Mr | Cs | Cr |
|-----|------|--------|-------|------------|-------|------|--------|-------|
| 1 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.30 | 110.04 | 2.56 | 8 | 435 | 18 | 99.90 | 99.90 |
| 3 | 0.60 | 120.08 | 5.05 | 16 | 1032 | 75 | 99.90 | 99.90 |
| 4 | 0.90 | 130.11 | 7.48 | 25 | 1871 | 174 | 256.88 | 99.90 |
| 5 | 1.20 | 140.15 | 9.85 | 34 | 2966 | 321 | 191.30 | 8.60 |
| 6 | 1.50 | 150.19 | 12.01 | 42 | 4321 | 533 | 116.50 | 7.45 |
| 7 | 1.80 | 160.23 | 13.85 | 50 | 5953 | 845 | 82.76 | 6.49 |
| 8 | 2.10 | 170.27 | 15.35 | 57 | 7884 | 1288 | 63.88 | 5.66 |
| 9 | 2.40 | 180.30 | 16.49 | 63 | 10127 | 1896 | 51.42 | 4.98 |
| 10 | 2.70 | 190.34 | 17.15 | 68 | 12691 | 2710 | 41.63 | 4.40 |
| 11 | 3.00 | 200.38 | 17.22 | 72 | 15592 | 3779 | 34.20 | 3.90 |

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

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.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

| | |
|------------|---|
| Titolo | MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno |
| Versione | 14.00 |
| Produttore | Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) |
| Utente | SERTEC FACILITY MANAGEMENT S.R.L. |
| Licenza | AIU3379LU |

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

Il progettista
()
