

COMMITTENTE:



COMUNE DI BRICHERASIO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Geom. Romina BRUNO FRANCO

OGGETTO:

PMO SCHEDA 24.01 7.07 - MANUTENZIONE E RIPRISTINO OPERE DI SOSTEGNO E DI DRENAGGIO SUPERFICIALE E RETI DI SCOLO IN STRADA CESANI SARDEGNA LOC. GHIOT - CIG ZF02CF288E

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

COMUNE DI BRICHERASIO - STRADA CESANI SARDEGNA LOCALITÀ GHIOT

FASE PROGETTUALE:

STUDIO DI FATTIBILITÀ / PROGETTO DEFINITIVO

8	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
1	Giugno 2020	STUDIO DI FATTIBILITÀ/PROGETTO DEFINITIVO	MG	I.B.	G.O.
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:

RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICA DI STABILITÀ'

ARCHIVIO:

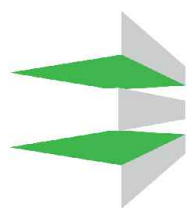
4911

FILE N°:

TESTALINI

DATA:

Loranzè, Giugno 2020



HYDROGEOS
STUDIO TECNICO ASSOCIATO

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

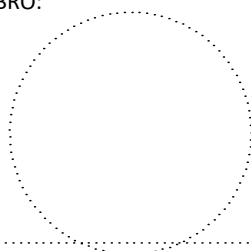
Sede operativa

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:

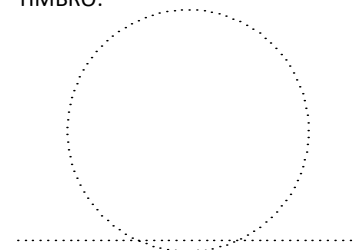
Dott. Ing. Gianluca ODETTO
N° 7269 J ALBO INGEGNERI
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



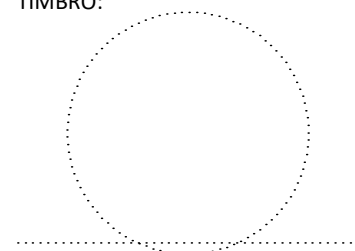
ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:





INDICE

INDICE	1
1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. INTERVENTO IN PROGETTO:INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMETRIA, METODO E CODICE DI CALCOLO.....	5
4. INTERFERENZE CON IL TERRITORIO CIRCOSTANTE	12
4.1. Vincolo idrogeologico.....	12
4.2. Interferenze con strutture esistenti	12
5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E GEOTECNICHE	13
5.1. Geomorfologia.....	15
5.2. Inquadramento geologico	15
5.3. Parametri geotecnici	17
6. DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO.....	18
7. CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	22
8. AZIONI.....	22
8.1. Carichi permanenti strutturali	22
8.2. Carichi permanenti non strutturali	22
8.3. Carichi variabili.....	22
9. COMBINAZIONI DI CARICO	23
9.1. Descrizione combinazioni di carico	25
10. COMBINAZIONI DI VERIFICA	29
10.1. Geometria di modellazione.....	29
10.2. Sollecitazioni agenti.....	31
10.3. Verifiche geotecniche	32
11. CONCLUSIONI	34



1. PREMESSA

La presente relazione, dopo un inquadramento topografico, geologico e geomorfologico dell'area interessata dall'intervento, illustra i risultati delle verifiche di stabilità geotecnica dell'opera del tipo "scogliera in massi di cava non cementati", da realizzarsi nell'ambito del progetto di "PMO SCHEDA 24.01 7.07 – MANUTENZIONE E RIPRISTINO OPERE DI SOSTEGNO E DI DRENAGGIO SUPERFICIALE E RETI DI SCOLO IN STRADA CESANI SARDEGNA LOC. GHIOT – CIG ZF02CF288E", in Comune di Bricherasio (TO) – Strada Cesani Sardegna Località Ghiot..

In particolare si prevedono le seguenti lavorazioni:

- Realizzazione di scogliera di sottoscarpa per il consolidamento ed il sostegno della viabilità comunale, mediante massi di cava posati a secco, della lunghezza di circa 15,50 metri, con fondazione della sezione variabile alla base da 2,00 a 2,20 m e spessore di 1,00 m e con elevazione dello spessore alla base variabile da 1,70 a 1,80 m ed in testa di 1,00 m, con altezza variabile da 2,00 a 2,50 m.
- Copertina in c.a. in testa alla scogliera della medesima lunghezza di circa 15,50 metri e della sezione di 1,00 x 0,25 m, avente inoltre la funzione di convogliamento delle acque stradali ruscellanti da monte verso la nuova opera di regimazione acque in progetto.
- Barriera stradale omologata H1 in misto legno metallo tipo Margaritelli fissata alla nuova copertina in c.a., con gruppi terminali alle due estremità.
- Pozzetto in c.a. delle dimensioni nette interne di 1,00 x 1,00 x 2,50 m, inglobato nella nuova scogliera, per la raccolta e lo smaltimento delle acque stradali ruscellanti da monte, con griglia in ghisa sferoidale e con tubo in cls dn 600 mm di attraversamento della scogliera e scarico delle acque a valle della medesima.
- Canaletta in mezzi tubi metallici in lamiera ondulata dn 600 mm, idoneamente incassati e fissati al terreno, lungo il versante a valle della nuova scogliera per l'allontanamento delle acque regimate.
- Pozzetto in c.a. delle dimensioni nette interne di 1,00 x 1,00 x 3,50 m con griglia in ghisa sferoidale a valle della canaletta per raccordo con il nuovo attraversamento stradale.
- Attraversamento stradale con tubi in cls dn 1000 mm e relativi ripristini stradali mediante misto cementato sp. 20 cm, tout-venant sp. 10 cm, emulsione bituminosa, binder sp. 6 cm, emulsione bituminosa e tappeto d'usura sp. 4 cm.
- Canaletta in mezzi tubi metallici in lamiera ondulata dn 800 mm, idoneamente incassati e fissati al terreno, a valle del nuovo attraversamento stradale per l'allontanamento delle acque regimate verso l'impiuvio presente a valle.
- Pulizia e ripristino con idonee malte della cunetta alla francese nella parte a monte della viabilità comunale, con realizzazione, nel tratto terminale della medesima, di nuovo pozzetto in c.a. delle

dimensioni nette interne di 1,00 x 1,00 x 1,50 m con griglia in ghisa sferoidale e nuovo attraversamento stradale mediante tubi in PVC dn 315 mm e relativi ripristini stradali come sopra descritto per l'attraversamento principale.

- Canaletta in mezzi tubi metallici in lamiera ondulata dn 600 mm, idoneamente incassati e fissati al terreno, a valle del nuovo attraversamento stradale secondario per l'allontanamento delle acque regimate verso l'impluvio presente a valle.

Nelle tavole grafiche di progetto sono esaurientemente rappresentate le caratteristiche progettuali delle opere descritte nella presente relazione.



2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- 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;
- 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”*;
- D.M. del 17/01/2018 – *“Norme tecniche per le costruzioni”*.
- Circolare n°7 del 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 17/01/2018.

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. INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMETRIA, METODO E CODICE DI CALCOLO

L'area oggetto di indagine è ubicata nel comune di Bricherasio (TO) in località Ghiot, sulla strada Cesani Sardegna.



Figura 1 Inquadramento geografico – sfumo 250k

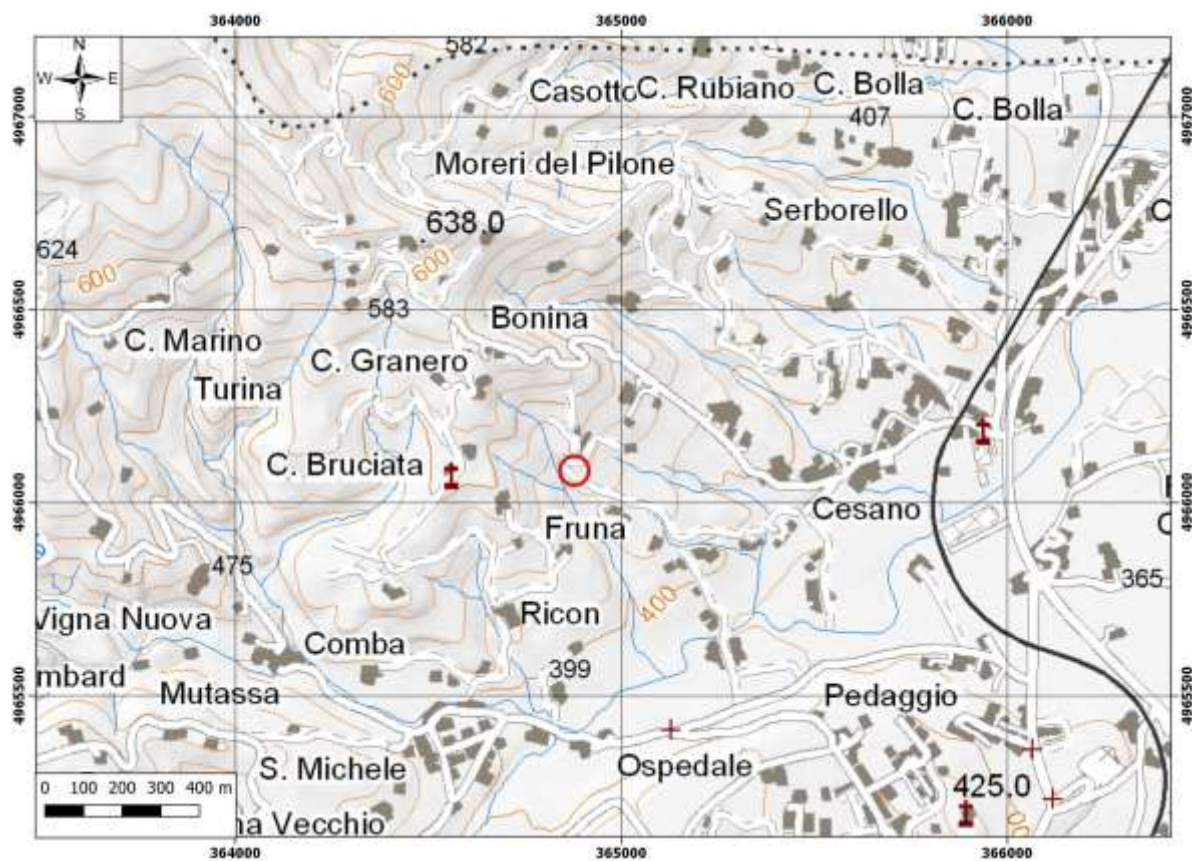


Figura 2: Inquadramento geografico – sfumo 50k



Figura 3: Inquadramento da ortofoto

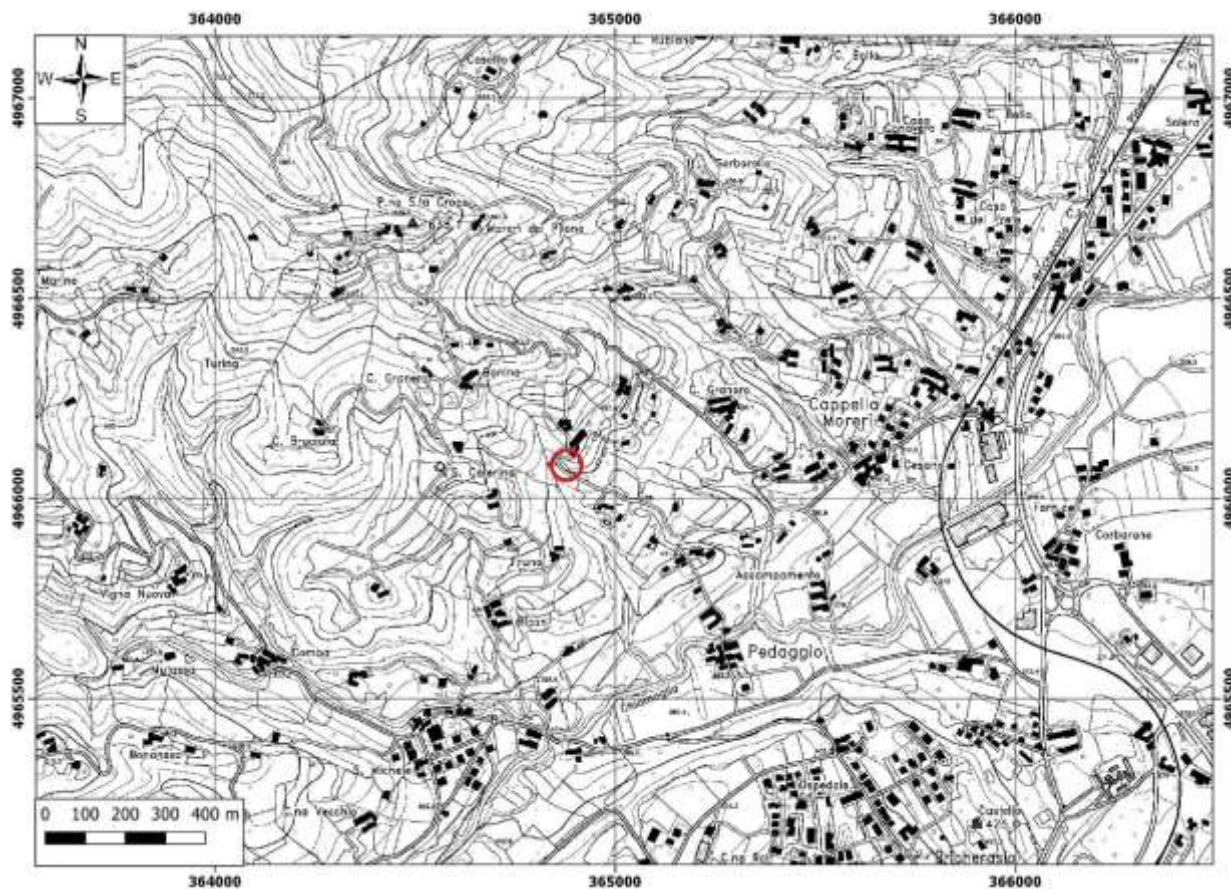


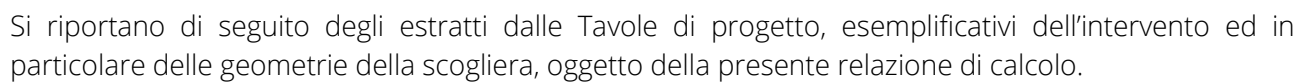
Figura 4: Inquadramento CTR 172160

Oggetto della presente relazione di calcolo sono le verifiche di stabilità della scogliera in massi di cava non cementati in progetto, avente le seguenti dimensioni:

- Sviluppo longitudinale circa 15,50 m;
- Sezione:
 - Fondazione (anch'essa in massi di cava non cementati) di larghezza variabile da circa 2.0 m a circa 2.20 m, spessore 1 m, con mensola sul lato di valle di 40 cm;
 - Paramento di altezza variabile da un minimo di 2.0 m ad un massimo di 2.50 m (escluso lo spessore della fondazione) e spessore in testa costante pari a 100 cm. Lo spessore del paramento all'attacco con la fondazione varia da 1.70 m a 1.80 m.

In testa alla scogliera si prevede la messa in opera di copertina in c.a., avente duplice funzione: fare da base per la messa in opera del guard rail e favorire il corretto deflusso delle acque meteoriche di ruscellamento provenienti dalla piattaforma stradale a monte verso il pozzetto in progetto.

Per una visione completa delle opere in progetto, si rimanda alla relazione tecnica ed alle tavole progettuali allegate.



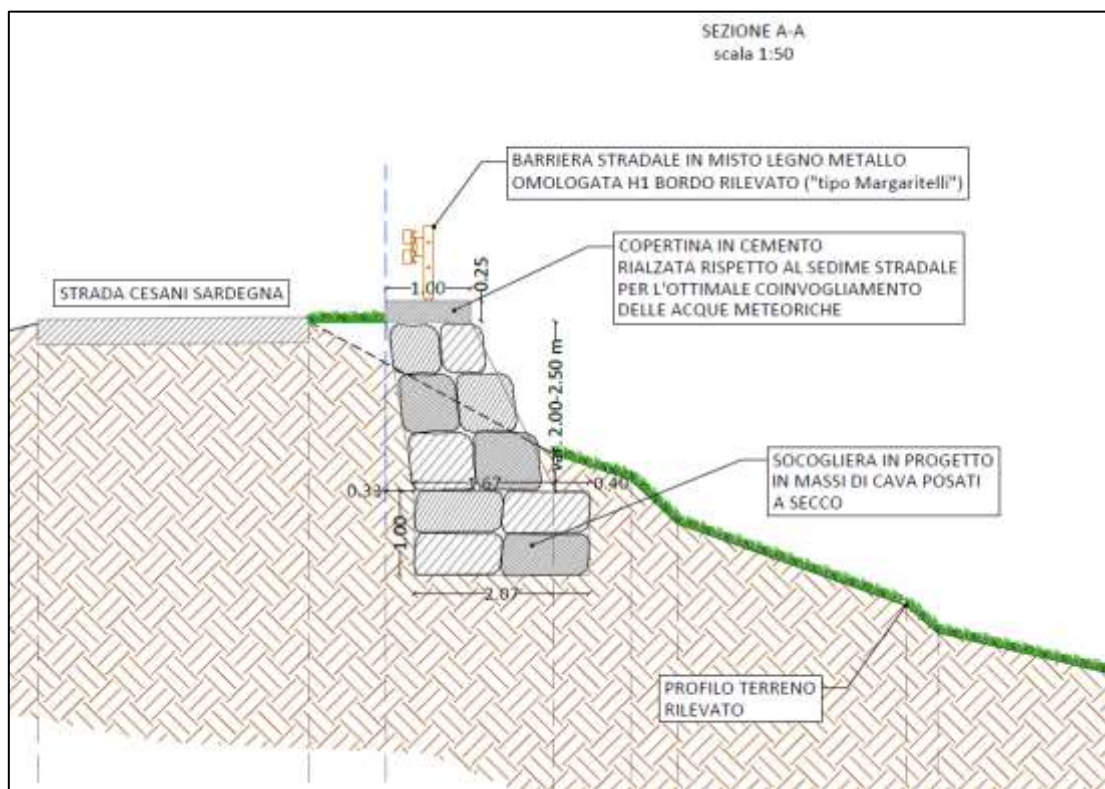


Figura 6 Estratto da Tav.04_Sezioni scogliera in progetto

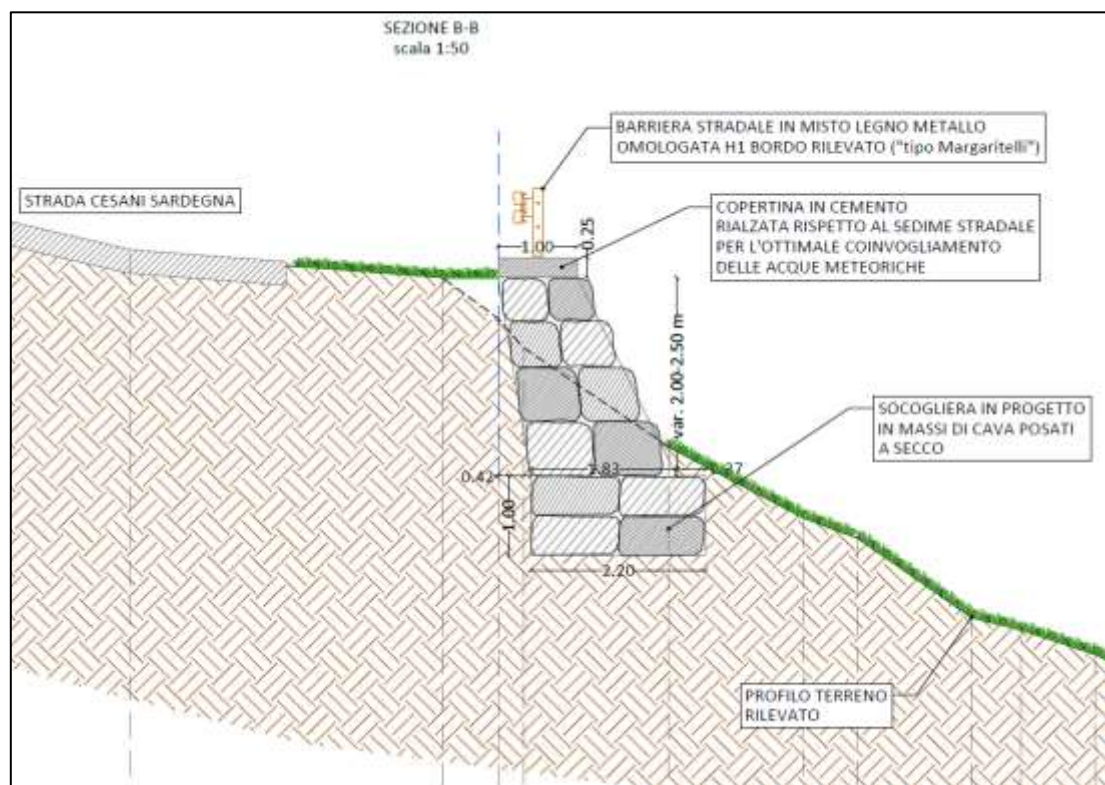


Figura 7 Estratto da Tav.04_Sezioni scogliera in progetto



Le verifiche sono state effettuate sulla Sezione A-A, considerata la più gravosa dal punto di vista della stabilità.

I calcoli per il dimensionamento strutturale delle opere 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. 6.4.2.1 delle NTC/2018 le verifiche sulle opere di fondazione superficiale vanno effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO);
 - o Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
 - o Collasso per scorrimento sul piano di posa;
 - o Stabilità globale.
- SLU di tipo strutturale (STR);
 - o Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale è stata effettuata secondo l'Approccio 1:

- 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 resistenze globali.

Le rimanenti verifiche vanno effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali previsti all'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC/2018.

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 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 modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con il programma di modellazione Max 14, prodotto da Aztec Utility.

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.

4. INTERFERENZE CON IL TERRITORIO CIRCOSTANTE

4.1. Vincolo idrogeologico

Il settore esaminato NON ricade all'interno delle aree vincolate ai sensi del R.D.L. 30 dicembre 1923, n° 3267, Vincolo Idrogeologico.

4.2. Interferenze con strutture esistenti

Non si registrano interferenze dirette con strutture esistenti.

5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E GEOTECNICHE

In via del tutto generale si evidenzia che l'evoluzione geomorfologica del settore è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena, oltre che antropica, come tale è quindi influenzata dalla struttura geologica, intesa sia come caratteristiche mineralogico-petrografiche delle rocce, sia come giacitura e diversa competenza in relazione alla resistenza che esse oppongono agli agenti del modellamento esogeno.

L'area in studio è classificabile dal punto di vista fisiografico come "di versante", ubicata a ridosso della valle del torrente Chiamogna, localizzata tra quella del torrente Pellice e quella del torrente Chisone.

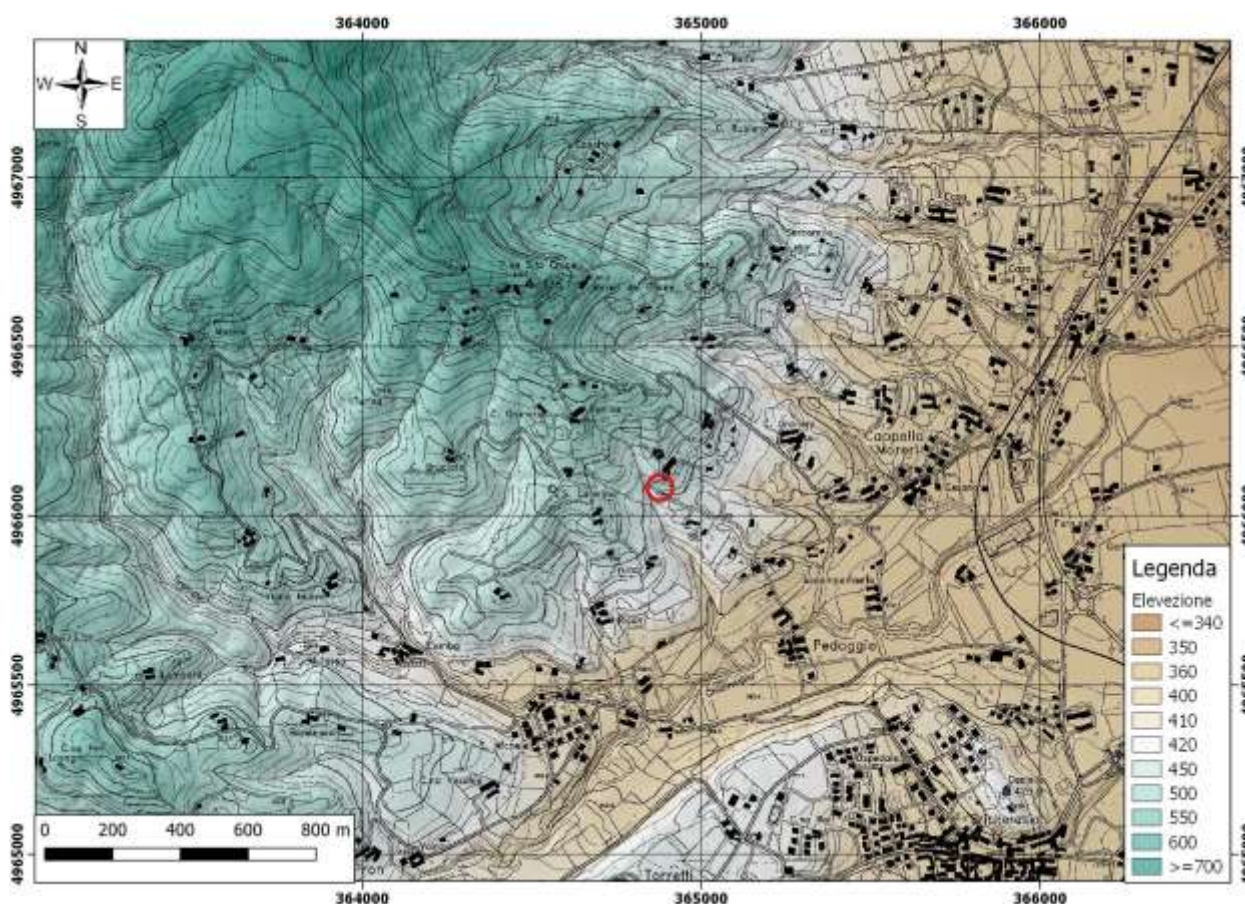


Figura 8: Carta dell'elevazione

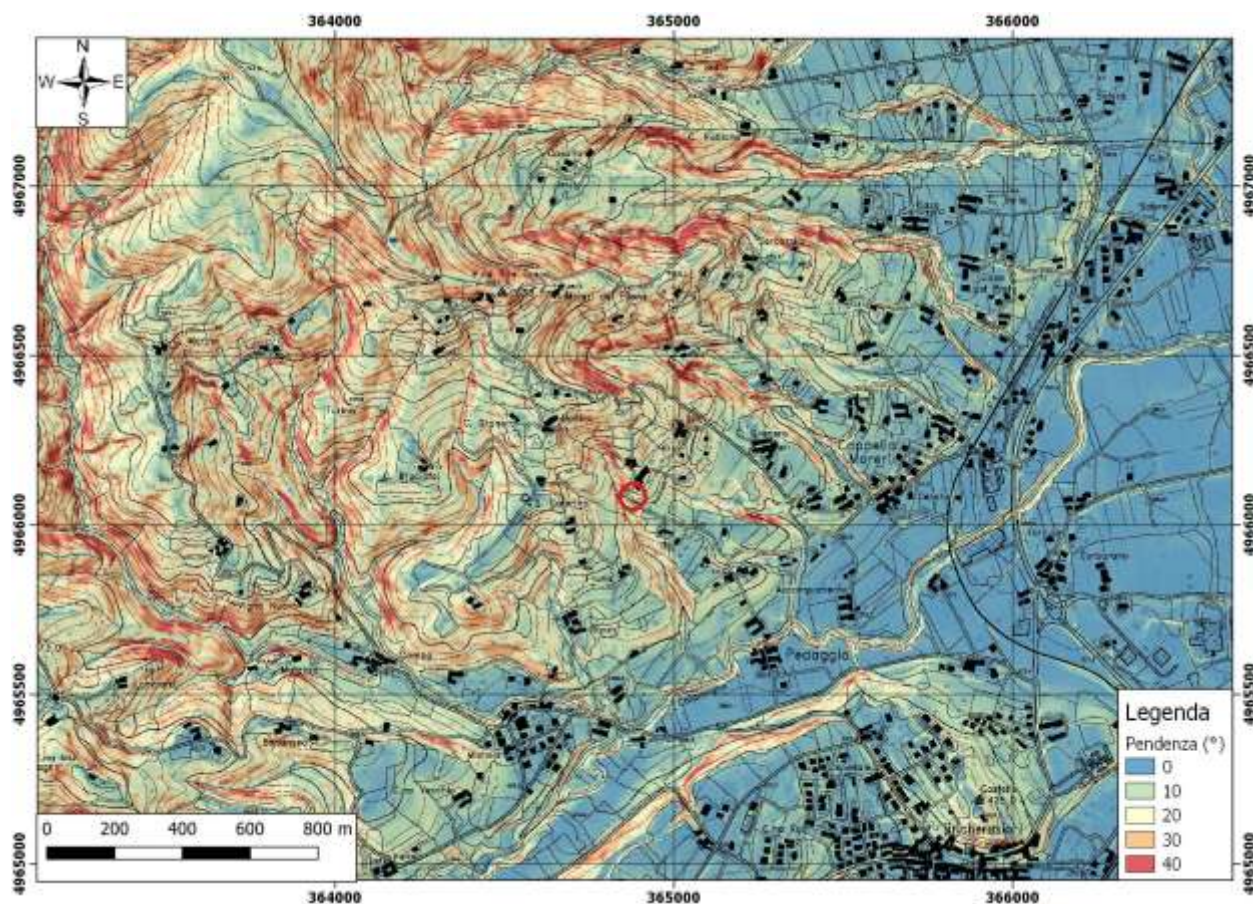


Figura 9: Carta delle pendenze (espressa in percentuale)

La carta delle pendenze evidenzia come il settore studiato presenti un'acclività media dei versanti pari a 20°/30°, evidenziando l'incisione dell'asta fluviale del torrente Chiamogna e dei suoi affluenti.

Da un punto di vista dell'uso del suolo, i versanti sono caratterizzati dalla presenza di boschi di latifoglie, prati pascoli in quelle golenali e di pianura e localmente aree urbanizzate.

Da un punto di vista idrogeologico, l'area in studio, ricade interamente nel dominio della piana alluvionale, caratterizzata da un acquifero superficiale presentante una forte correlazione con le dinamiche idrologiche dei principali corpi idrici superficiali presenti.

5.1. Geomorfologia

Da un punto di vista geomorfologico l'area non presenta particolari criticità.

Da un esame dell'archivio S.I.F.R.A.P. (Sistema Informativo Frane Piemonte), non sono segnalate frane nelle aree circostanti il settore studiato.

Da un esame del P.A.I. della Regione Piemonte il settore esaminato non è risultato ricadere tra le aree perimetrate.

Da un esame delle cartografie relative al *Piano Fasce Fluviali* il settore non risulta perimetrato;

Da un esame delle cartografie relative alla *Direttiva Alluvioni* il settore non risulta perimetrato;

5.2. Inquadramento geologico

La definizione del modello geologico è stata effettuata sulla base delle informazioni reperite in letteratura e dai sopralluoghi effettuati.

Il settore esaminato è ubicato all'interno della *"Serie grafitica delle Alpi Cozie"*. Un estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 – Fogli 67 (Pinerolo) è riportato di seguito.

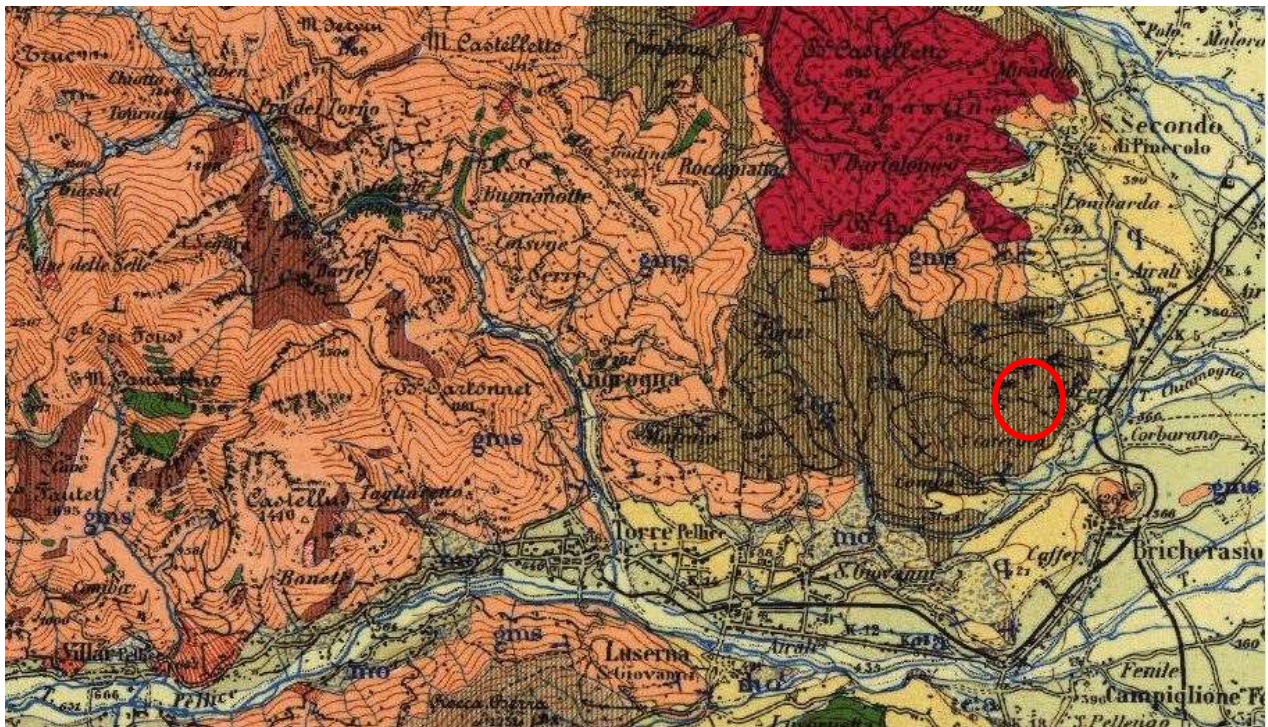


Figura 10: Estratto carta geologica - Fogli 67 (Pinerolo)



Entrando nel dettaglio delle litologie affioranti nel settore dove sono ubicate le opere in progetto è presente una notevole uniformità litologica. Alle quote di progetto, mai superiori a 3.50 m di profondità dal piano campagna, si prevede di non intercettare il substrato roccioso.

L'intera area interessata dalle opere in progetto è costituita da depositi di versante ed alluvionali, costituiti da ghiaie e sabbie, scarsamente elaborate.

La stratigrafia ipotizzata è così schematizzabile:

- 0 – 0.5 m da p.c. Orizzonte pedogenetico costituito da sabbie in matrice limosa, poco addensato.
- 1 m da p.c. Deposito misto di versante e alluvionale, costituito prevalentemente da ghiaie in matrice sabbiosa, poco addensate e scarsamente elaborate.

Da un punto di vista progettuale si ritiene sufficiente quanto prodotto attraverso il rilevamento geologico superficiale, l'analisi delle ortofoto e la consultazione della bibliografia disponibile.

5.3. Parametri geotecnici

Sulla base dell'analisi della bibliografia e dei sopralluoghi effettuati, delle conoscenze pregresse su depositi detritici ed ammassi rocciosi aventi caratteristiche simili a quelle delle litologie affioranti, possiamo ipotizzare cautelativamente i seguenti valori dei principali parametri geotecnici:

	Peso unità di volume secca [t/m ³]	Peso unità di volume satura [t/m ³]	Angolo di Attrito [°]	Coesione [KPa]
Orizzonte pedogenetico	1.7	1.8	29	5
Ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa	1.8	1.9	35	2



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

Regione		PIEMONTE
Provincia		TORINO
Comune		Bricherasio
Coordinate Geografiche del cantiere	Latitudine	44.835505° N
	Longitudine	7.290952° E
Altitudine		460 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 1 Dati della struttura e zona sismica

Il periodo di riferimento V_R di una costruzione, valutato moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso della costruzione C_U riveste notevole importanza in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell'azione sismica sia un processo Poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato, il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica. La seguente tabella mostra i valori di V_R corrispondenti ai valori di V_N che individuano le frontiere tra i tre tipi di costruzione considerati; valori di V_N intermedi tra detti valori di frontiera sono consentiti ed i corrispondenti valori dei parametri necessari a definire l'azione sismica sono ricavati utilizzando le formule d'interpolazione fornite nell'allegato A delle NTC 2008, così come previsto al paragrafo 3.2 delle NTC2018.

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Tabella 2 - Intervalli di valori attribuiti a V_R al variare di V_N e di C_U

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 NTC 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^* : valore di riferimento per la determinazione del 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_r , 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 appartiene 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.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

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

Non avendo effettuato indagini specifiche in sito, nel caso in progetto si assume che la categoria di sottosuolo sia la D, alla quale corrisponde il valore massimo del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s pari a 1.8.

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

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 - Tabella 7.11.I D.M. 17/01/2018

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

La seguente tabella riepiloga i coefficienti sismici calcolati:

a_g SLV	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 - Coefficienti sismici



7. CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

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)	30000
Angolo di attrito interno	(°)	45,00
Resistenza a taglio	(kg/cm ²)	0,00
Peso di volume	(kg/m ³)	2300,00

Tabella 9 Parametri pietrame

8. 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.

8.1. 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 2300 kg/m³.

8.2. Carichi permanenti non strutturali

Sulla scogliera non insistono carichi permanenti non strutturali, se non la spinta attiva del terreno stesso di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 5.

8.3. Carichi variabili

Si considera un carico veicolare a monte del muro di entità 2.000 kg/m².

9. COMBINAZIONI DI CARICO

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

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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;

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

- SLE – Combinazione caratteristica rara;

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

- SLE – Combinazione frequente;

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

- SLE – Combinazione quasi permanente;

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

- Combinazione sismica;

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



Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan \phi^*}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	γ_{c^*}	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 10 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

I coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi per le fondazioni superficiali sono riassunti nella seguente tabella:

Verifica	Coefficiente parziale R1	Coefficiente parziale R2	Coefficiente parziale R3
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 11 Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
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:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan \phi^*}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_{c^*}	1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
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:

Parametri		M1	M2	M2	M1
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 uniassiale	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	Coefficienti parziali		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Si riportano di seguito tutte le combinazioni di carico delle azioni sollecitanti, generate automaticamente dal codice di calcolo, in conformità con le disposizioni della Normativa Tecnica.

9.1. Descrizione combinazioni di carico

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	$X_i=0.80$	$X_f=2.80$	$Q_i=2000.00$	$Q_f=2000.00$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

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

\

10. COMBINAZIONI DI VERIFICA

10.1. Geometria di modellazione

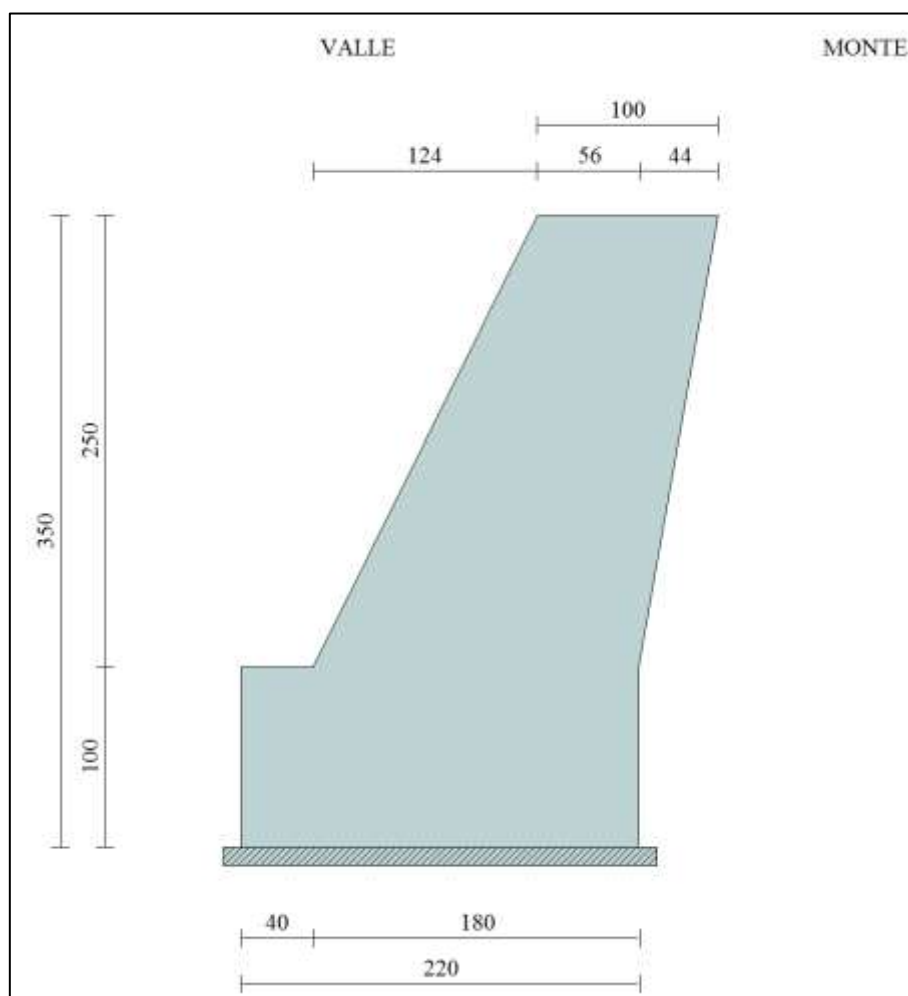


Figura 11 Geometria di modellazione - sezione

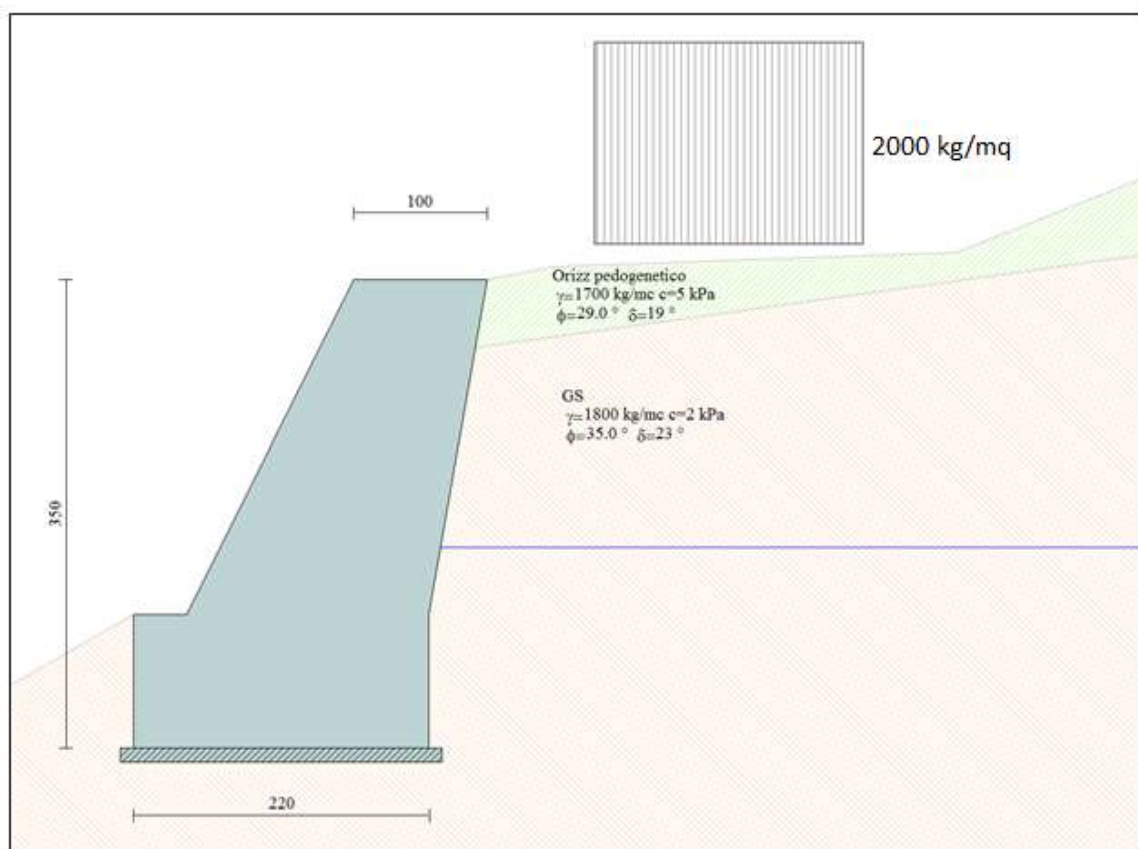


Figura 12 Geometria di modellazione - configurazione stratigrafica e di carico.

10.2. Sollecitazioni agenti

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno e sul terreno di sedime.

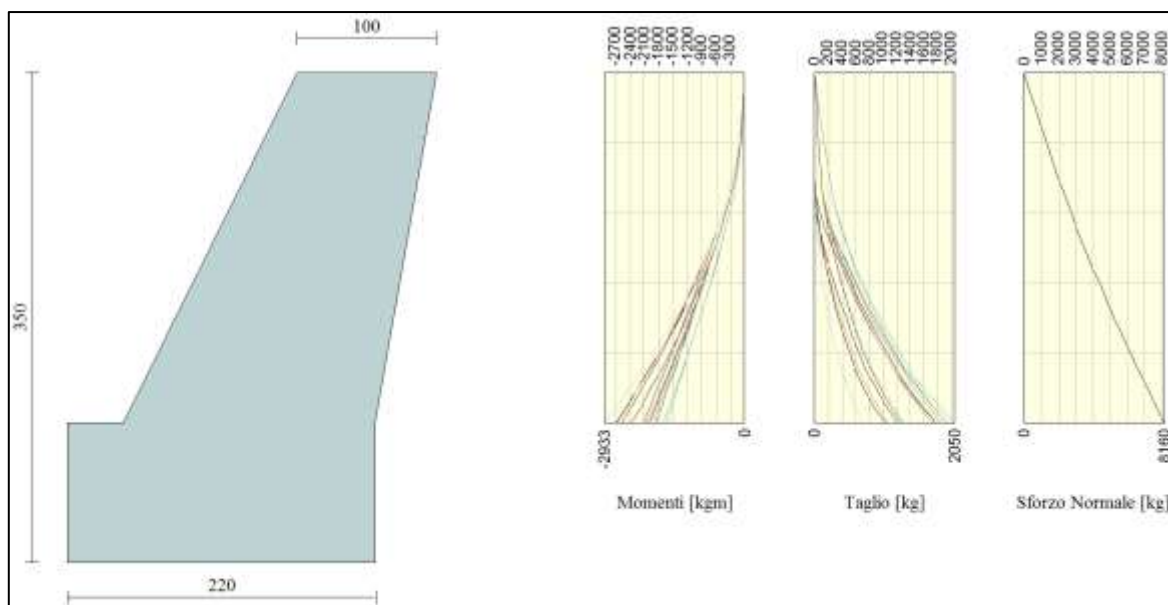


Figura 13 Involuppo delle sollecitazioni agenti sul paramento

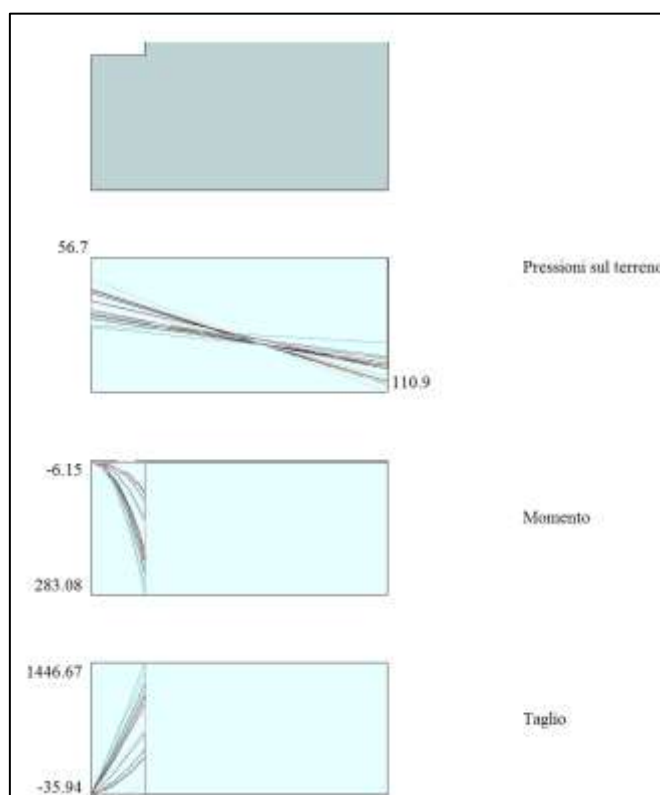


Figura 14 Involuppo delle pressioni agenti sul terreno di sedime (kPa) e delle sollecitazioni di Momento (kgm) e Taglio (kg) agenti sulla mensola di fondazione



10.3. Verifiche geotecniche

La tabella seguente riporta i dettagli dei coefficienti di sicurezza globali e le spinte risultanti dal calcolo in ogni combinazione.

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kg]	Incr. sism.[kg]
1	A1-M1 - [1]	--	--	1.91	10.46	--	2054.81	0.00
2	EQU - [1]	--	7.71	--	--	--	2054.81	0.00
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.35	2150.83	0.00
4	A1-M1 - [2]	--	--	1.40	8.88	--	3487.32	0.00
5	EQU - [2]	--	5.00	--	--	--	3487.32	0.00
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.14	3896.82	0.00
7	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	1.34	8.82	--	1448.88	1162.09
8	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1.26	9.43	--	1448.88	958.58
9	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	3.31	--	--	--	1448.88	2005.68
10	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	2.56	--	--	--	1448.88	1765.07
11	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1.47	1448.88	1162.09
12	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1.46	1448.88	958.58
13	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1.34	8.82	--	1448.88	1162.09
14	SLER - [2]	--	--	1.92	10.59	--	2397.28	0.00
15	SLEF - [2]	--	--	2.06	10.87	--	2155.65	0.00
16	SLEQ - [2]	--	--	2.58	11.77	--	1448.88	0.00
17	SLER - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	1.39	8.98	--	2397.28	774.03
18	SLER - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	1.36	9.34	--	2397.28	617.32
19	SLEF - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	1.48	9.31	--	2155.65	696.96
20	SLEF - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	1.45	9.69	--	2155.65	552.93
21	SLEQ - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	1.80	10.39	--	1448.88	466.45
22	SLEQ - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	1.76	10.84	--	1448.88	359.83

Figura 15 Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte

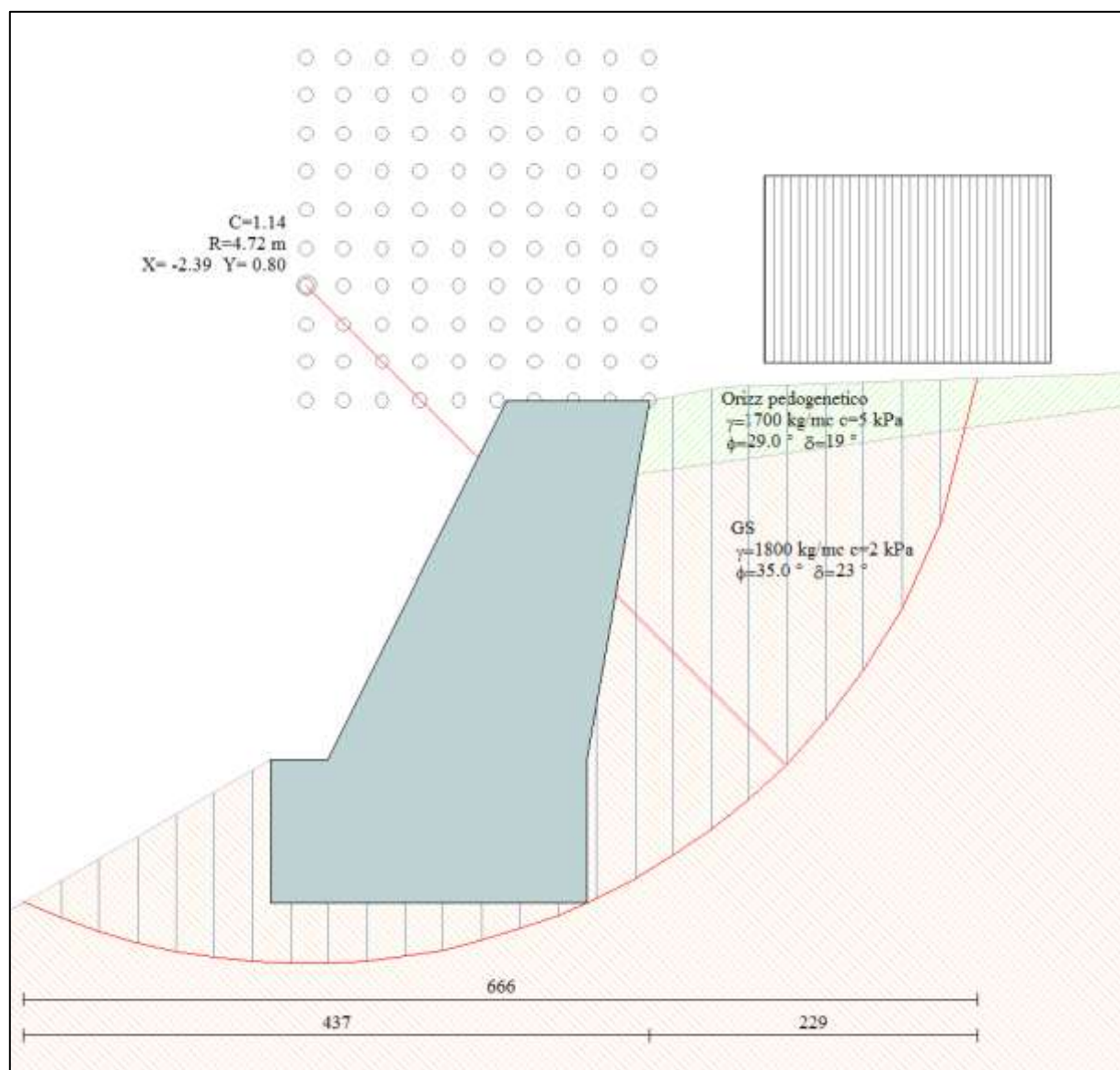
In figura seguente si riportano i coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche risultanti dal calcolo; a sinistra quelli relativi alla combinazione 1 e a destra i minimi calcolati.

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7.71	■	2.56 [10]	IB: 3 - EQU
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.91	■	1.26 [8]	IB: 3 - A1-M1
Coefficiente di sicurezza a carico limite	10.46	■	8.82 [7]	IB: 3 - A1-M1
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1.35	■	1.14 [6]	IB: 2 - STAB

Dettagli combinazione --> << 1 >> Help

Figura 16 Coefficienti di sicurezza

In figura seguente il cerchio critico con FS minore.



L'opera risulta 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	2.56	1.26	8.82	1.14



11. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati illustrati i risultati delle verifiche di stabilità relative all'opera di sostegno del tipo "scogliera in massi di cava non cementati", da realizzarsi nell'ambito del progetto di *"PMO SCHEDA 24.01 7.07 – MANUTENZIONE E RIPRISTINO OPERE DI SOSTEGNO E DI DRENAGGIO SUPERFICIALE E RETI DI SCOLO IN STRADA CESANI SARDEGNA LOC. GHIOT – CIG ZF02CF288E"*, in Comune di Bricherasio (TO) – Strada Cesani Sardegna Località Ghiot.

Le verifiche hanno fatto riferimento all'attuale normativa vigente, il DM 17/01/2018.

Dai risultati ottenuti risulta che tutte le verifiche effettuate sono **SODDISFATTE**.

La corretta esecuzione dell'opera di sostegno in progetto garantirà la stabilità della scarpata e della strada da essa sottesa.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'estratto del codice di calcolo riportato di seguito.

ESTRATTO CODICE DI CALCOLO

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 p 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_r l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_r + c_a B_r$$

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_r , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_r pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

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

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione

c	coesione del terreno in fondazione;
ϕ	angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

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

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

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

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

Fattori di profondità

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

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

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

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
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_T	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
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:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan \phi'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_T	1.00	1.00	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
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:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan \phi'}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_T	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

	Coefficienti parziali		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a gravità in pietrame
Altezza del paramento	2.50 [m]
Spessore in sommità	1.00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1.80 [m]
Inclinazione paramento esterno	26.40 [°]
Inclinazione paramento interno	-9.90 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]
Fondazione	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0.40 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	1.00 [m]
Spessore magrone	0.10 [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	45.00 [°]
Resistenza a taglio τ_p	0 [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	0.50	0.10	11.31
2	3.50	0.20	1.91
3	6.00	1.20	21.80

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	30.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.00	[m]

Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione 1.50 [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
Orizz pedogenetico	1700	1800	29.00	19.33	4.9	2.5
GS	1800	1900	35.00	23.33	2.0	1.0

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	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	0.50	8.00	0.00	0.00	Orizz pedogenetico
2	7.00	10.00	1.42	0.00	GS

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	$X_i=0.80$	$X_f=2.80$	$Q_i=2000.00$	$Q_f=2000.00$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

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

Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_y per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1.00

Coefficiente correttivo su N_y per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1.00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

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

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<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]	--	1.91	--	10.46	--
2	EQU - [1]	--	--	7.71	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.35
4	A1-M1 - [2]	--	1.40	--	8.88	--
5	EQU - [2]	--	--	5.00	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.14
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1.34	--	8.82	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1.26	--	9.43	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3.31	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2.56	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.47
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.46
13	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1.34	--	8.82	--
14	SLER - [2]	--	1.92	--	10.59	--
15	SLEF - [2]	--	2.06	--	10.87	--
16	SLEQ - [2]	--	2.58	--	11.77	--
17	SLER - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.39	--	8.98	--
18	SLER - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.36	--	9.34	--
19	SLEF - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.48	--	9.31	--
20	SLEF - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.45	--	9.69	--
21	SLEQ - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.80	--	10.39	--
22	SLEQ - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.76	--	10.84	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

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

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

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

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta
Calcolo del carico limite
Calcolo della stabilità globale
Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann
metodo di Meyerhof
metodo di Fellenius
Spinta attiva

Sisma

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/s²]

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/s²]

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

10.00 [m]

Peso muro

13705.33 [kg]

Baricentro del muro

X=-1.18 Y=-2.00

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = -0.44 Y = -3.50

Punto superiore superficie di spinta

X = 0.00 Y = 0.00

Altezza della superficie di spinta

3.50 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

-7.11 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica

2054.81 [kg]

Componente orizzontale della spinta statica

1972.99 [kg]

Componente verticale della spinta statica

574.07 [kg]

Punto d'applicazione della spinta

X = -0.30 [m]

Y = -2.41 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie

23.33 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche

53.02 [°]

Spinta falda	1462.50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3435.49	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14671.44	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14671.44	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3435.49	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15068.30	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13.18	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3187.67	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	153417.04	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	26.67	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	103.85	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.73$	$i_q = 0.73$	$i_\gamma = 0.39$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$

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

	$N'_c = 39.46$	$N'_q = 26.37$	$N'_\gamma = 15.70$
--	----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.91
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.46

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	2054.81	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1972.99	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	574.07	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.41	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.02	[°]		

Spinta falda	1462.50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3435.49	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14671.44	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	2886.01	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	22246.67	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14671.44	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3435.49	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15068.30	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13.18	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3187.67	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7.71
--	------

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]= -2.39 Y[m]= 0.00

Raggio del cerchio R[m]= 4.01

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1.62

Larghezza della striscia dx[m]= 0.24

Coefficiente di sicurezza C= 1.35

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	341.98	80.05	336.84	1.39	28.16	2	0
2	746.62	65.91	681.58	0.59	29.26	2	0
3	944.46	58.45	804.81	0.46	29.26	2	1
4	1099.37	52.37	870.70	0.39	29.26	2	4
5	1223.53	47.06	895.69	0.35	29.26	2	7
6	1314.76	42.24	883.78	0.32	29.26	2	9
7	1392.40	37.76	852.69	0.30	29.26	2	11
8	1577.28	33.55	871.61	0.29	29.26	2	0
9	1886.50	29.53	929.75	0.28	29.26	2	0
10	2058.74	25.66	891.62	0.27	29.26	2	0
11	2103.19	21.92	785.22	0.26	29.26	2	0
12	1984.23	18.28	622.27	0.25	29.26	2	0
13	1738.47	14.71	441.35	0.25	29.26	2	0
14	1485.24	11.19	288.35	0.24	29.26	2	0
15	1225.39	7.72	164.71	0.24	29.26	2	0
16	959.20	4.28	71.64	0.24	29.26	2	0
17	795.07	0.86	11.90	0.24	29.26	2	0
18	759.70	-2.57	-34.01	0.24	29.26	2	0
19	597.84	-6.00	-62.47	0.24	29.26	2	0
20	524.29	-9.45	-86.10	0.24	29.26	2	0
21	444.30	-12.94	-99.50	0.25	29.26	2	0
22	357.64	-16.48	-101.45	0.25	29.26	2	0
23	263.97	-20.09	-90.65	0.25	29.26	2	0
24	162.84	-23.78	-65.65	0.26	29.26	2	0
25	53.63	-27.57	-24.83	0.27	29.26	2	0

$\Sigma W_i = 26040.65$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 9839.87$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 12478.66$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1430.29$ [kg]

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	3487.32	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	3348.43	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	974.39	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.29	[m]	Y = -2.33	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50.39	[°]		
Spinta falda	1462.50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4810.93	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15071.75	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15071.75	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4810.93	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.13	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15820.96	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17.70	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1936.88	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	133891.17	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	43.59	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	90.49	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.65$	$i_q = 0.65$	$i_\gamma = 0.24$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 34.95$	$N'_q = 23.36$	$N'_\gamma = 9.86$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.40
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.88

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	3487.32	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	3348.43	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	974.39	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	$X = -0.29$	[m]	$Y = -2.33$	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50.39	[°]		
Spinta falda	1462.50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	$X = -0.44$	[m]	$Y = -3.00$	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	$X = -0.29$	[m]	$Y = -2.00$	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4810.93	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15071.75	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	4641.79	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	23192.95	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15071.75	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4810.93	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.13	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15820.96	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17.70	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1936.88	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.00
--	------

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]= -2.39 Y[m]= 0.80

Raggio del cerchio R[m]= 4.72

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.29

Larghezza della striscia dx[m]= 0.27

Coefficiente di sicurezza C= 1.14

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	928.44	75.39	898.42	1.06	27.43	2	0
2	1307.60	65.51	1189.95	0.64	29.26	2	0
3	1547.35	58.51	1319.44	0.51	29.26	2	0
4	1732.86	52.74	1379.14	0.44	29.26	2	1
5	1890.14	47.66	1397.20	0.40	29.26	2	4
6	1748.60	43.05	1193.62	0.36	29.26	2	6
7	1440.69	38.76	901.97	0.34	29.26	2	9
8	1521.88	34.72	866.77	0.32	29.26	2	11
9	1603.92	30.87	822.86	0.31	29.26	2	12
10	1841.93	27.16	840.90	0.30	29.26	2	0
11	2205.18	23.58	882.16	0.29	29.26	2	0
12	2303.35	20.09	791.33	0.28	29.26	2	0
13	2274.75	16.68	653.02	0.28	29.26	2	0
14	1988.13	13.33	458.45	0.27	29.26	2	0
15	1671.30	10.03	291.00	0.27	29.26	2	0
16	1346.63	6.76	158.42	0.27	29.26	2	0
17	1014.58	3.51	62.06	0.27	29.26	2	0
18	842.52	0.27	3.96	0.27	29.26	2	0
19	752.97	-2.97	-38.99	0.27	29.26	2	0
20	596.42	-6.21	-64.56	0.27	29.26	2	0
21	504.93	-9.48	-83.18	0.27	29.26	2	0
22	405.90	-12.78	-89.79	0.27	29.26	2	0
23	299.07	-16.12	-83.05	0.28	29.26	2	0
24	184.06	-19.52	-61.51	0.28	29.26	2	0
25	60.40	-22.99	-23.60	0.29	29.26	2	0

$\Sigma W_i = 32013.61$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 13666.01$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 14815.46$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1523.99$ [kg]

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	1448.88	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1391.16	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	404.89	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.20	[°]		
Incremento sismico della spinta	1162.09	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	45.83	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]

Inerzia del muro	1495.45	[kg]
Inerzia verticale del muro	747.73	[kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	42.78	[kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	21.39	[kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5170.18	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15596.12	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15596.12	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5170.18	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	16430.75	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.34	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1046.46	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	137615.62	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	56.71	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	82.04	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.63$	$i_q = 0.63$	$i_\gamma = 0.23$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 34.34$	$N'_q = 22.95$	$N'_\gamma = 9.15$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.34
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.82

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	1448.88	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1391.16	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	404.89	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.20	[°]		
Incremento sismico della spinta	958.58	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	45.08	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	1495.45	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-747.73	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	42.78	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-21.39	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4974.78	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14001.02	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14001.02	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4974.78	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.04	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	14858.56	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19.56	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-596.75	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	131980.33	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	55.05	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	69.50	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$

Fattori inclinazione $i_c = 0.61$ $i_q = 0.61$ $i_r = 0.19$ **Fattori profondità** $d_c = 1.17$ $d_q = 1.09$ $d_r = 1.09$

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

 $N'_c = 33.18$ $N'_q = 22.17$ $N'_r = 7.86$ **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**Coefficiente di sicurezza a scorrimento
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo1.26
9.43**COMBINAZIONE n° 9**

Valore della spinta statica	1448.88	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1391.16	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	404.89	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.20	[°]		
Incremento sismico della spinta	2005.68	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	41.27	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	2243.18	[kg]		
Inerzia verticale del muro	1121.59	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	64.17	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	32.08	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6749.28	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	16216.42	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	7515.37	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	24868.45	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	16216.42	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6749.28	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.03	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	17564.88	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22.60	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	523.02	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento

3.31

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	1448.88	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1391.16	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	404.89	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.20	[°]		
Incremento sismico della spinta	1765.07	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	39.95	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	2243.18	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-1121.59	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	64.17	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-32.08	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6518.25	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13841.83	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	8982.91	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	23000.78	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13841.83	[kg]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6518.25	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.09	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15299.80	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	25.22	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1240.61	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.56
--	------

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]= -2.39 Y[m]= 0.00

Raggio del cerchio R[m]= 4.01

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1.62

Larghezza della striscia dx[m]= 0.24

Coefficiente di sicurezza C= 1.47

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	341.98	80.05	336.84	1.39	33.77	3	0
2	746.62	65.91	681.58	0.59	35.00	2	0
3	944.46	58.45	804.81	0.46	35.00	2	1
4	1099.37	52.37	870.70	0.39	35.00	2	4
5	1223.53	47.06	895.69	0.35	35.00	2	7
6	1314.76	42.24	883.78	0.32	35.00	2	9
7	1392.40	37.76	852.69	0.30	35.00	2	11
8	1577.28	33.55	871.61	0.29	35.00	2	0
9	1886.50	29.53	929.75	0.28	35.00	2	0
10	2058.74	25.66	891.62	0.27	35.00	2	0
11	2103.19	21.92	785.22	0.26	35.00	2	0
12	1984.23	18.28	622.27	0.25	35.00	2	0
13	1738.47	14.71	441.35	0.25	35.00	2	0
14	1485.24	11.19	288.35	0.24	35.00	2	0
15	1225.39	7.72	164.71	0.24	35.00	2	0
16	959.20	4.28	71.64	0.24	35.00	2	0
17	795.07	0.86	11.90	0.24	35.00	2	0
18	759.70	-2.57	-34.01	0.24	35.00	2	0
19	597.84	-6.00	-62.47	0.24	35.00	2	0
20	524.29	-9.45	-86.10	0.24	35.00	2	0
21	444.30	-12.94	-99.50	0.25	35.00	2	0
22	357.64	-16.48	-101.45	0.25	35.00	2	0
23	263.97	-20.09	-90.65	0.25	35.00	2	0
24	162.84	-23.78	-65.65	0.26	35.00	2	0
25	53.63	-27.57	-24.83	0.27	35.00	2	0

 $\Sigma W_i = 26040.65$ [kg] $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 9839.87$ [kg] $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 15598.29$ [kg] $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1787.87$ [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]= -2.39 Y[m]= 0.00

Raggio del cerchio R[m]= 4.01

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1.62

Larghezza della striscia dx[m]= 0.24

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	341.98	80.05	336.84	1.39	33.77	3	0
2	746.62	65.91	681.58	0.59	35.00	2	0
3	944.46	58.45	804.81	0.46	35.00	2	1
4	1099.37	52.37	870.70	0.39	35.00	2	4
5	1223.53	47.06	895.69	0.35	35.00	2	7
6	1314.76	42.24	883.78	0.32	35.00	2	9
7	1392.40	37.76	852.69	0.30	35.00	2	11
8	1577.28	33.55	871.61	0.29	35.00	2	0
9	1886.50	29.53	929.75	0.28	35.00	2	0
10	2058.74	25.66	891.62	0.27	35.00	2	0
11	2103.19	21.92	785.22	0.26	35.00	2	0
12	1984.23	18.28	622.27	0.25	35.00	2	0
13	1738.47	14.71	441.35	0.25	35.00	2	0
14	1485.24	11.19	288.35	0.24	35.00	2	0
15	1225.39	7.72	164.71	0.24	35.00	2	0
16	959.20	4.28	71.64	0.24	35.00	2	0
17	795.07	0.86	11.90	0.24	35.00	2	0
18	759.70	-2.57	-34.01	0.24	35.00	2	0
19	597.84	-6.00	-62.47	0.24	35.00	2	0
20	524.29	-9.45	-86.10	0.24	35.00	2	0
21	444.30	-12.94	-99.50	0.25	35.00	2	0
22	357.64	-16.48	-101.45	0.25	35.00	2	0
23	263.97	-20.09	-90.65	0.25	35.00	2	0
24	162.84	-23.78	-65.65	0.26	35.00	2	0
25	53.63	-27.57	-24.83	0.27	35.00	2	0

$\Sigma W_i = 26040.65$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 9839.87$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 15598.29$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1787.87$ [kg]

COMBINAZIONE n° 13

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	1448.88	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1391.16	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	404.89	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.20	[°]		
Incremento sismico della spinta	1162.09	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	45.83	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	1495.45	[kg]		
Inerzia verticale del muro	747.73	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	42.78	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	21.39	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5170.18	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15596.12	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15596.12	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5170.18	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	16430.75	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.34	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1046.46	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	137615.62	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	56.71	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	82.04	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.63$	$i_q = 0.63$	$i_\gamma = 0.23$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 34.34$	$N'_q = 22.95$	$N'_\gamma = 9.15$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.34
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.82

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

Valore della spinta statica	2397.28	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2301.77	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	669.92	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.37	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50.77	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3426.77	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14767.29	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14767.29	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3426.77	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.21	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15159.67	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13.06	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3030.28	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	156395.48	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	29.00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	102.37	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.73$	$i_q = 0.73$	$i_\gamma = 0.39$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 39.58$	$N'_q = 26.45$	$N'_\gamma = 15.86$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.92
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.59

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

Valore della spinta statica	2155.65	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2069.77	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	602.40	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.14	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3194.77	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14699.76	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14699.76	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3194.77	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.22	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15042.93	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12.26	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3251.06	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	159805.60	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	26.03	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	104.74	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.75$	$i_q = 0.75$	$i_\gamma = 0.42$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 40.41$	$N'_q = 27.01$	$N'_\gamma = 17.05$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.06
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.87

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

Valore della spinta statica	1448.88	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1391.16	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	404.89	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.20	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2516.16	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14502.26	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14502.26	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2516.16	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.26	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]		
Risultante in fondazione	14718.92	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9.84	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3835.96	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	170665.58	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	18.07	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	110.94	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.79$	$i_q = 0.79$	$i_\gamma = 0.52$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 42.96$	$N'_q = 28.71$	$N'_\gamma = 20.87$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.58
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.77

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

Valore della spinta statica	2397.28	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2301.77	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	669.92	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.37	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50.77	[°]		
Incremento sismico della spinta	774.03	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.37	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47.64	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	730.23	[kg]		
Inerzia verticale del muro	365.12	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	20.89	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	10.44	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4921.09	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15359.15	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15359.15	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4921.09	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.10	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]		
Risultante in fondazione	16128.25	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17.77	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1474.33	[kgm]		

Carico ultimo della fondazione	137908.30	[kg]
--------------------------------	-----------	------

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	50.47	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	86.17	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.64$	$i_q = 0.64$	$i_\gamma = 0.24$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 34.89$	$N'_q = 23.32$	$N'_\gamma = 9.79$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.39
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.98

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

Valore della spinta statica	2397.28	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2301.77	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	669.92	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.37	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50.77	[°]		

Incremento sismico della spinta	617.32	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.37	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47.52	[°]		

Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	730.23	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-365.12	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	20.89	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-10.44	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4770.62	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14564.24	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14564.24	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4770.62	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.09	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15325.66	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.14	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1304.30	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	136094.53	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	48.99	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	80.57	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.64$	$i_q = 0.64$	$i_\gamma = 0.23$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 34.53$	$N'_q = 23.08$	$N'_\gamma = 9.38$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.36
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.34

COMBINAZIONE n° 19**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	2155.65	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2069.77	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	602.40	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.14	[°]		
Incremento sismico della spinta	696.96	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.39	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	48.02	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	730.23	[kg]		
Inerzia verticale del muro	365.12	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	20.89	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	10.44	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4615.09	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15270.09	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15270.09	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4615.09	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.12	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15952.26	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.82	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1765.72	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	142118.69	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	46.55	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	89.30	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.66$	$i_q = 0.66$	$i_\gamma = 0.27$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 35.81$	$N'_q = 23.93$	$N'_\gamma = 10.90$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.48
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.31

COMBINAZIONE n° 20**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	2155.65	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2069.77	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	602.40	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.14	[°]		
Incremento sismico della spinta	552.93	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.30	[m]	Y = -2.39	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	47.89	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	730.23	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-365.12	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	20.89	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-10.44	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4476.80	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14478.72	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14478.72	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4476.80	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15155.03	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17.18	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1583.49	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	140317.39	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	45.23	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	83.57	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.65$	$i_q = 0.65$	$i_\gamma = 0.26$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 35.46$	$N'_q = 23.70$	$N'_\gamma = 10.47$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.45
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.69

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

Valore della spinta statica	1448.88	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1391.16	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	404.89	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.20	[°]		

Incremento sismico della spinta	466.45	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50.08	[°]		

Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	730.23	[kg]		
Inerzia verticale del muro	365.12	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	20.89	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	10.44	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3715.15	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15008.17	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15008.17	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3715.15	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	15461.16	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13.90	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2541.05	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	155988.50	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	36.00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	97.52	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.71$	$i_q = 0.71$	$i_\gamma = 0.36$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 38.72$	$N'_q = 25.88$	$N'_\gamma = 14.67$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.80
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.39

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

Valore della spinta statica	1448.88	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1391.16	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	404.89	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.20	[°]		
Incremento sismico della spinta	359.83	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.31	[m]	Y = -2.45	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50.02	[°]		
Spinta falda	1125.00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0.44	[m]	Y = -3.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	392.04	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.29	[m]	Y = -2.00	[m]
Inerzia del muro	730.23	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-365.12	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	20.89	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-10.44	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3612.77	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14227.25	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14227.25	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3612.77	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.16	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Risultante in fondazione	14678.79	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.25	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-2326.28	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	154263.26	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	35.12	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	91.45	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.71$	$i_q = 0.71$	$i_\gamma = 0.35$
Fattori profondità	$d_c = 1.17$	$d_q = 1.09$	$d_\gamma = 1.09$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 38.37$	$N'_q = 25.64$	$N'_\gamma = 14.20$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.76
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.84

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
()
