

COMMITTENTE:



## COMUNE DI LUSERNA SAN GIOVANNI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Davide BENEDETTO

OGGETTO:

TO\_A18\_430\_16\_193  
Sistemazione Strada Comunale Colletto - Fonte Bianco

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:

loc. Fonte Bianco

FASE PROGETTUALE:

### PROGETTO ESECUTIVO

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO
8	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
1	.	.	.	.	.

TITOLO:

# RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICHE DI STABILITÀ

ARCHIVIO:

4150

FILE N°:

TESTALINI

DATA:

Loranzè, Luglio 2017



## HYDROGEOS

TAVOLA N°

B

SCALA:

.

#### Studio Tecnico Associato

ing. GABRIELE  
ing. NOASCONO  
ing. ODETTO  
P.IVA 08462870018

#### Sede legale

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

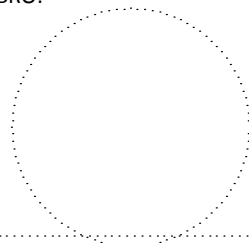
#### Sede operativa

Strada Provinciale 222, n. 31  
10010 Loranzè (TO)  
TEL. 0125/56.10.01 - 0125/56.48.07  
FAX 0125/56.40.14  
e-mail: [info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it](mailto:info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it)

PROGETTISTA:

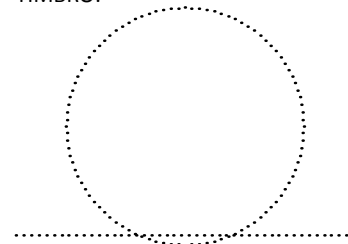
Dott. Ing. Gianluca ODETTO  
N° 7269 J ALBO INGEGNERI  
PROVINCIA DI TORINO

TIMBRO:



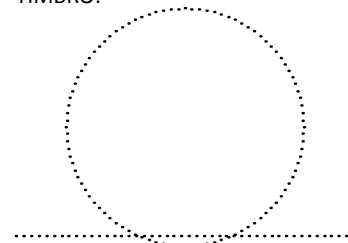
ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



## Sommario

Premessa .....	2
1   NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
2   SOFTWARE DI CALCOLO .....	2
3   Vincolo idrogeologico .....	3
4   Caratteristiche geologiche e geotecniche .....	3
5   Impostazione analisi sismica .....	5
6   Caratteristiche geotecniche.....	6
7   Verifiche geotecniche.....	6
8   Risultati analisi scogliera.....	7
8.1   Combinazioni di carico.....	7
8.2   Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati .....	10
8.3   Risultati spinte .....	11
9   Risultati analisi paratia .....	12
9.1   Dati .....	12
9.2   Geometria cordoli.....	13
9.3   Descrizione stratigrafia.....	13
9.4   Caratteristiche materiali utilizzati .....	13
9.5   Condizioni di carico.....	13
9.6   Combinazioni di carico.....	14
9.7   Impostazioni di progetto .....	15
10   Conclusioni .....	19

## **Premessa**

Nel novembre 2016 a seguito di intense piogge si è verificato un fenomeno franoso interessante la strada comunale Colletto - Fonte Blancio, nel comune di Luserna San Giovanni; il fenomeno franoso ha interessato la scarpata di valle della strada, ed in parte il sedime stradale. Le acque provenienti da monte, non sufficientemente regimate, si sono riversate sulla scarpata esistente in un tratto ove non erano presenti opere di sostegno, causando l'erosione e l'imbibizione della coltre detritica sovrastante il substrato roccioso sottostante.

L'Amministrazione Comunale di Luserna ha incaricato il sottoscritto Dott. Ing. Gianluca ODETTO, in qualità di rappresentante dello HYDROGEOS con sede legale in via Giosuè Gianavello n. 2 – 10060 Rorà (TO), della redazione del progetto per gli interventi di "TO\_A18\_430\_16\_193 Sistemazione Strada Comunale Colletto - Fonte Blancio".

La presente relazione di calcolo, riporta e commenta i risultati dell'analisi di stabilità delle opere in progetto così come illustrate nelle tavole progettuali.

## **1   NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- 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. 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 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

## **2   SOFTWARE DI CALCOLO**

Le opere in progetto sono costituite da una scogliera in massi di cava non cementata, fondata su platea di fondazione in c.a.. La platea è sostenuta alla base da una paratia di micropali con interasse pari a 75 cm,

diametro totale di circa 200 cm, armatura costituita da tubolare in acciaio dello spessore di 8 mm e diametro pari a 139,7 mm. Considerando la tipologia di opere si è deciso di effettuare separatamente le verifiche della scogliera e della paratia; La prima verifica, inerente la scogliera è stata effettuata simulando la presenza della platea di fondazione in c.a. considerando oltre alle spinte generate dalla presenza del terreno a tergo della scogliera i carichi indotti dal traffico stradale. Sulla base delle spinte risultanti si è poi verificata la paratia di micropali inserendo una spinta orizzontale sul cordolo in testa pari a quella più gravosa calcolata per la scogliera.

Il programma PAC è dedicato all'analisi ed al calcolo di paratie, palancolate e scavi sbadacchiati. È un programma completo che non richiede moduli aggiuntivi.

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. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

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.

### **3 Vincolo idrogeologico**

**Il settore esaminato ricade nelle aree vincolate ai sensi del R.D.L. 30 dicembre 1923, n° 3267, Vincolo Idrogeologico.**

### **4 Caratteristiche geologiche e geotecniche**

Durante i sopralluoghi è stato possibile definire correttamente e compiutamente l'assetto geologico e stratigrafico e sulla base dell'analisi di dati di letteratura e dell'esperienza dello scrivente in contesti geomorfologici e litologici simili assegnare cautelativamente i parametri geotecnici caratteristici da utilizzare nelle verifiche di stabilità.

Durante il sopralluogo è risultato evidente che l'assetto litologico stratigrafico originario della scarpata franata era costituito da una coltre detritica grossolana formata da clasti di dimensioni decimetriche, poco o per nulla elaborati, spigolosi, costituiti prevalentemente da micascisti e subordinatamente da rari gneiss immersi in matrice sabbiosa, localmente argillosa, sovrastante un deposito eterogeneo (probabilmente una paleofrana) costituito da blocchi e trovanti di dimensioni elevate, tendenzialmente decine di metri cubi, in

matrice ghiaiosa e argillosa. Tale configurazione del substrato è ipotizzabile in quanto la superficie di scivolamento presenta un'inclinazione estremamente elevata ( $\approx 45^\circ$ ), incompatibile con la presenza di un substrato dalle scarse caratteristiche geotecniche; l'assenza di evidenze di un substrato metamorfico affiorante, correlato con la morfologia dell'area, ne esclude la sua superficialità. Superficialmente l'orizzonte detritico si presentava fortemente pedogenizzato con la formazione di un entisuolo di colore bruno scuro ricco in scheletro, con matrice limosa argillosa.



Figura 1: Versante franato – coronamento.

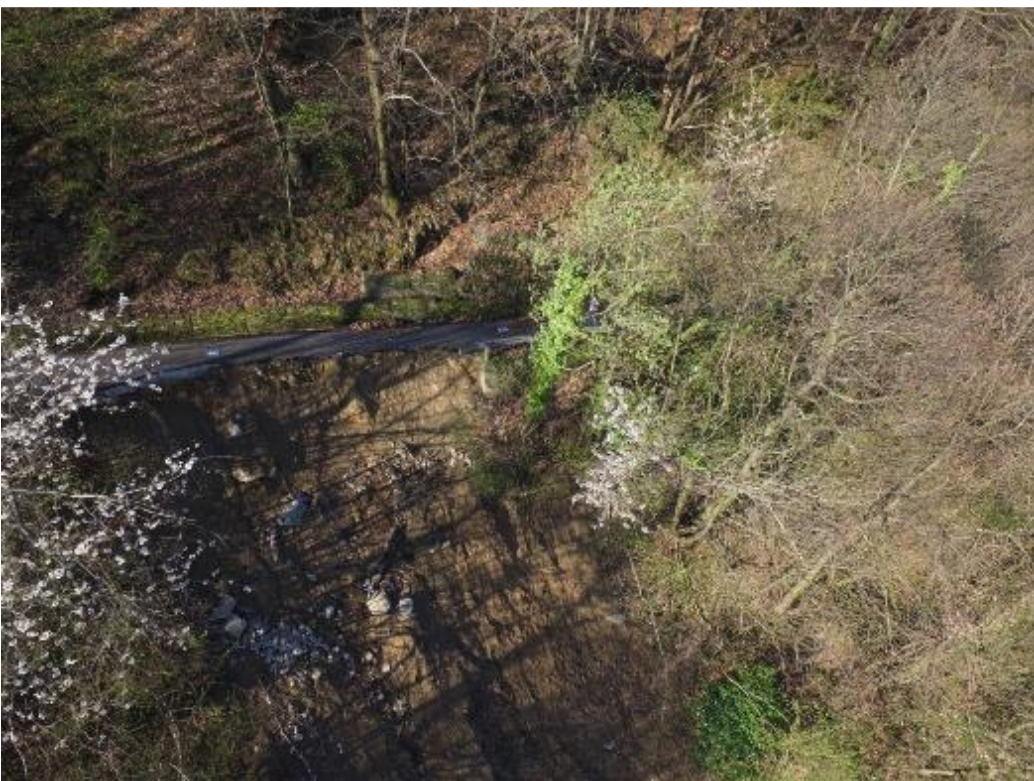


Figura 2: Versante franato – coronamento.

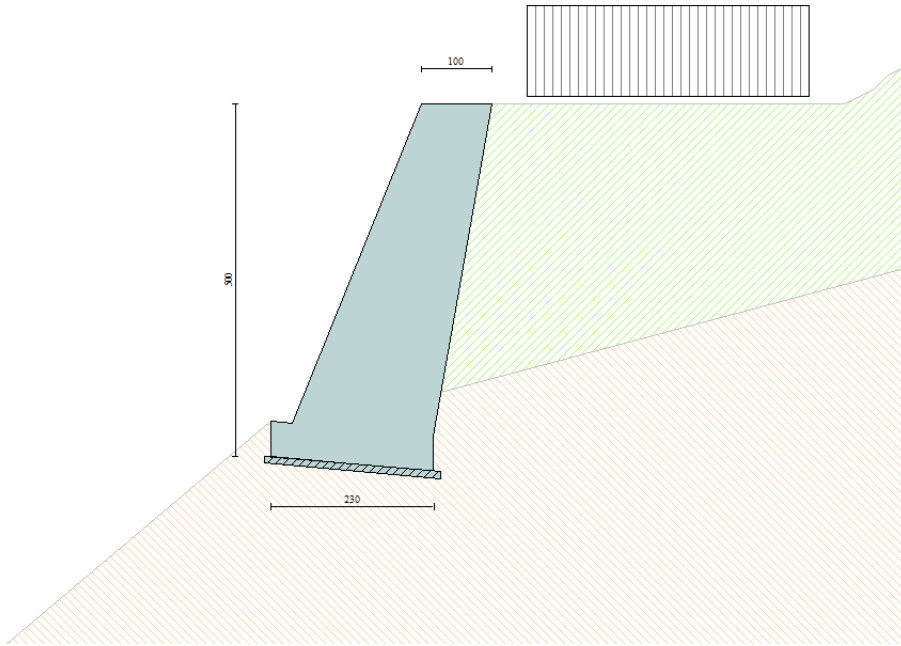


Figura 3: Sezione di scogliera verificata

## 5 Impostazione analisi sismica

Impostazioni analisi sismica

### Identificazione del sito

Latitudine 44.813830

Longitudine 7.245294

Comune Luserna San Giovanni

Provincia Torino

Regione Piemonte

Punti di interpolazione del reticolo 14674 - 14896 - 14897 - 14675

### 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/Fase	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s <sup>2</sup> ]	1.320	0.528
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.473	2.429
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.266	0.227
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.200	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.200	1.200

Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.000	0.000
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	1.000	1.000
Coefficiente di intensità sismica (percento)	19.372	7.750
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

## 6 Caratteristiche geotecniche

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

$n^\circ$	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
$\gamma$	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
$\phi$	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kg/cmq]
1	Coltre alterata	1800.0	2000.0	30.00	0.00	0.000
2	Deposito detritico a grossi blocchi	2200.0	2400.0	46.00	30.00	10.000

## 7 Verifiche geotecniche

Considerando la tipologia di opere si è deciso di effettuare separatamente le verifiche della scogliera e della paratia; La prima verifica, inerente la scogliera è stata effettuata simulando la presenza della platea di fondazione in c.a. considerando oltre alle spinte generate dalla presenza del terreno a tergo della scogliera i carichi indotti dal traffico stradale. Sulla base delle spinte risultanti si è poi verificata la paratia di micropali inserendo una spinta orizzontale e una verticale sul cordolo in testa pari a quelle più gravose calcolate per la scogliera.

## 8 Risultati analisi scogliera

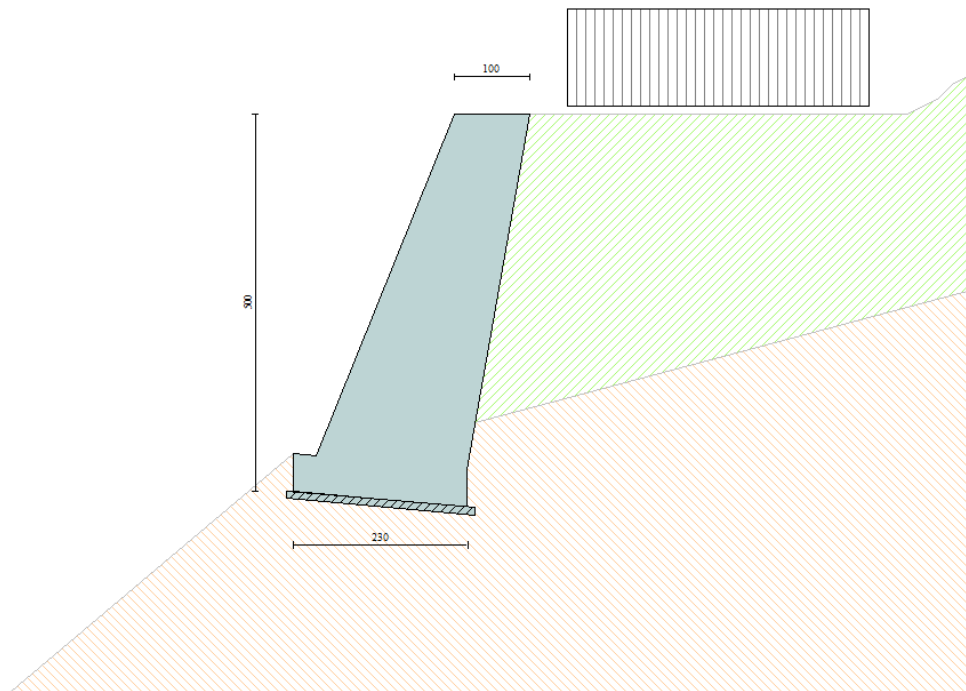


Figura 4: Sezione analizzata

### 8.1 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 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=0.50$	$X_f=4.50$	$Q_i=2000.00$	$Q_f=2000.00$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

#### Descrizione combinazioni di carico

##### Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00	1.30



Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10
Condizione 1	SFAV	1.10	1.00	1.10

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Rara (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Frequente (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Quasi Permanente (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

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

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
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
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

## 8.2 Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>sco</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>qlim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	A1-M1 - [1]	--	3.55	--	203.17	--
2	A2-M2 - [1]	--	2.59	--	74.81	--
3	EQU - [1]	--	--	2.42	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	3.44
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	3.66	--	208.45	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	3.63	--	198.82	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	<b>1.80</b>	--	<b>58.72</b>	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.81	--	61.66	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	<b>2.29</b>	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2.36	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	<b>3.23</b>
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	3.33
13	SLER - [1]	--	6.73	--	198.09	--
14	SLEF - [1]	--	6.73	--	198.09	--
15	SLEQ - [1]	--	6.73	--	198.09	--
16	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	5.35	--	199.05	--
17	SLER - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	5.40	--	201.81	--
18	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	5.35	--	199.05	--
19	SLEF - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	5.40	--	201.81	--
20	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale positivo	5.35	--	199.05	--
21	SLEQ - [1]	Orizzontale + Verticale negativo	5.40	--	201.81	--

Risultati Analisi - Comb. 1					
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	2.42	<span style="color: green;">■</span>	2.29 [9]	IB: 2 - EQU	
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	2.59	<span style="color: green;">■</span>	1.80 [7]	IB: 2 - A2-M2	
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	74.81	<span style="color: green;">■</span>	58.72 [7]	IB: 2 - A2-M2	
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	3.44	<span style="color: green;">■</span>	3.23 [11]	IB: 2 - STAB	

Dettagli combinazione --> << **1** >> Help

Tutte le verifiche hanno dato esito positivo, la verifica più critica è quella allo scivolamento con  $F_s$  minimo calcolato pari a 1.8, comunque verificato ai sensi di legge.

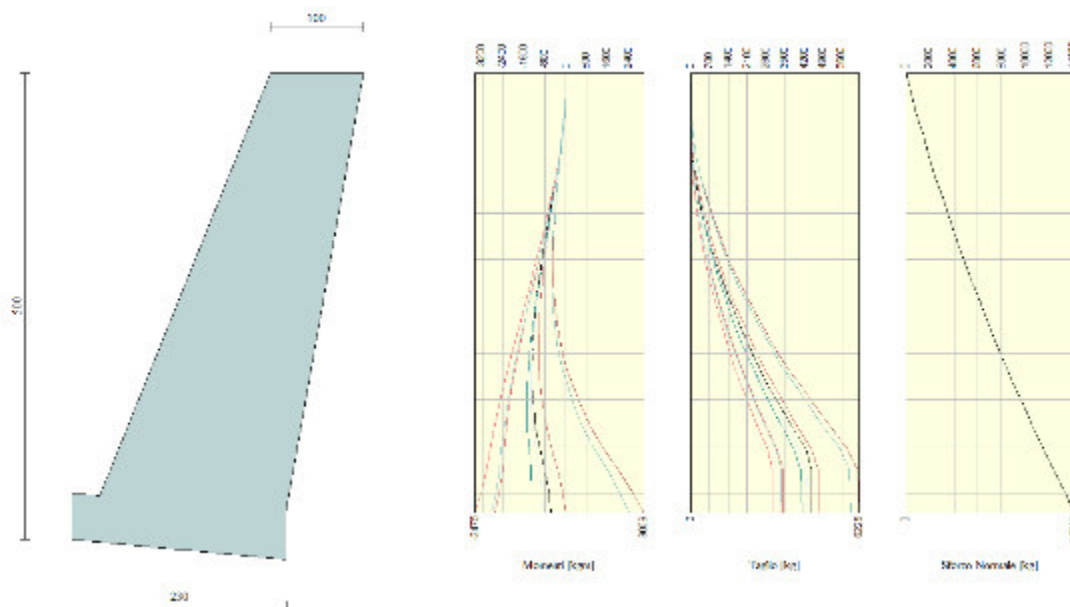


Figura 5: Sollecitazioni scogliera

### 8.3 Risultati spinte

Si presentano i risultati delle spinte nella combinazione più critica, la n°3.

#### Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU)

Valore della spinta statica	4749.18	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4707.25	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	629.68	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0.44	[m]	Y = -2.76	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	16.68	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.75	[°]		
Incremento sismico della spinta	820.79	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0.44	[m]	Y = -2.76	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	54.62	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	399.80	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0.57	[m]	Y = -3.39	[m]
Inerzia del muro	761.97	[kg]		
Inerzia verticale del muro	380.98	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	18.59	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	9.29	[kg]		
<b>Risultanti</b>				
<b>Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale</b>	<b>6301.35</b>	<b>[kg]</b>		

<b>Risultante dei carichi applicati in dir. verticale</b>	<b>17917.36</b>	<b>[kg]</b>
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	14014.24	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	33018.05	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	18398.38	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4715.77	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.12	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.31	[m]
Risultante in fondazione	18993.13	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14.38	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2240.83	[kgm]

Nella successiva verifica i risultati delle spinte saranno applicato in testa alla paratia di micropali.

## 9 Risultati analisi paratia

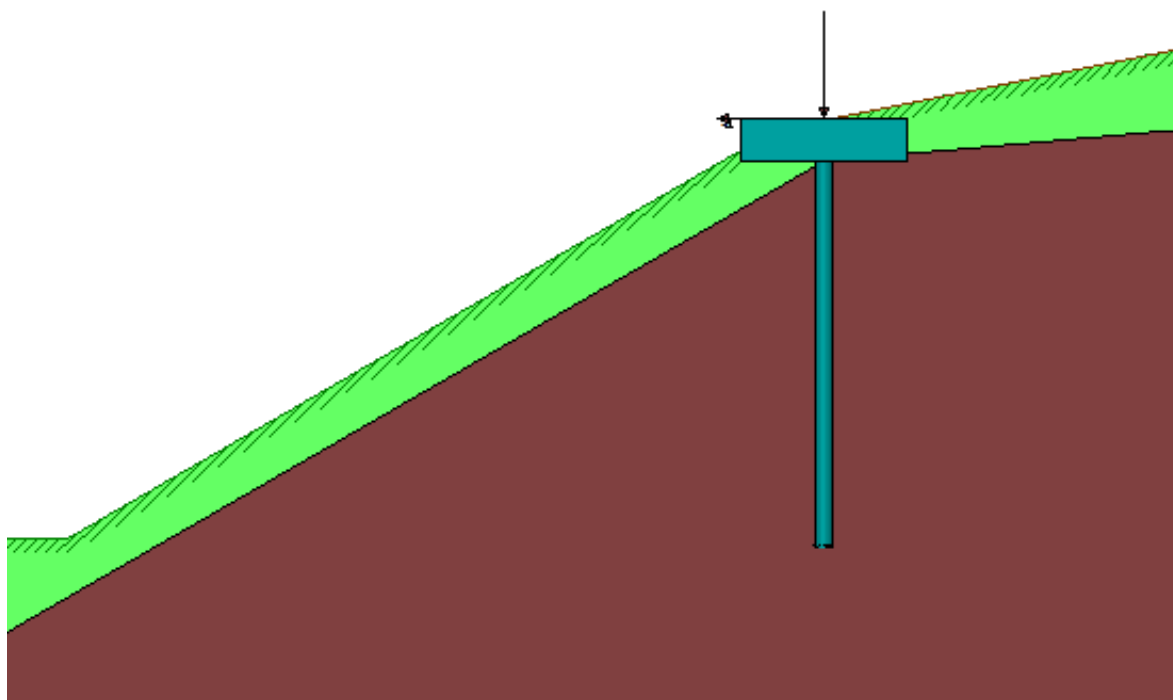


Figura 6: Sezione analizzata

### 9.1 Dati

#### Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	0.10	[m]
Profondità di infissione	5.00	[m]
Altezza totale della paratia	5.10	[m]
Lunghezza paratia	10.00	[m]

Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0.75	[m]
Diametro dei micropali	22.00	[cm]
Numero totale di micropali	13	
Numero di micropali per metro lineare	1.30	

Diametro esterno del tubolare	139.70	[mm]
Spessore del tubolare	8.00	[mm]

## 9.2 Geometria cordoli

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine del cordolo
Y	posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

### Cordoli in calcestruzzo

B	Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H	Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

### Cordoli in acciaio

A	Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W	Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm <sup>3</sup> ]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm <sup>3</sup> ]
1	0.00	Calcestruzzo	--	--	1000.00	600.00

## 9.3 Descrizione stratigrafia

### Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
α	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno	Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	αM	αV	KwM	KwV	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq/cm]	[kg/cmq/cm]		
1	0.50	5.00	30.00	0.08	0.08	Terreno 1	Terreno 1
2	15.00	0.00	0.00	30.00	30.00	Terreno 2	Terreno 2

## 9.4 Caratteristiche materiali utilizzati

### Calcestruzzo

Peso specifico	2500	[kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R <sub>ck</sub>	300	[kg/cmq]
Tensione di progetto a compressione σ <sub>c</sub>	97.5	[kg/cmq]

### Acciaio

Tipo	S 355	
Tensione di snervamento f <sub>yk</sub>	3620	[kg/cmq]

### Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f <sub>yk</sub>	4589	[kg/cmq]

### Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f <sub>yk</sub>	4589	[kg/cmq]

## 9.5 Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

$F_x$  Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle

$F_y$  Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso

$M$  Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante

$Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]

$V_i, V_s$  Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle

$R$  Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1					
Carico concentrato sulla paratia	Y=0.00	$F_x=3159$	$F_y=18086$	$M=0$	

## 9.6 Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

### Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	$\gamma$	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 1 (Condizione 1)	1.50	1.00

### Combinazione n° 2 [A1-M1]

Nome condizione	$\gamma$	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+)	1.00	1.00

### Combinazione n° 3 [A2-M2]

Nome condizione	$\gamma$	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Condizione 1)	1.30	1.00

### Combinazione n° 4 [A2-M2]

Nome condizione	$\gamma$	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+)	1.00	1.00

### Combinazione n° 5 [SLER]

Nome condizione	$\gamma$	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Condizione 1)	1.00	1.00

### Combinazione n° 6 [SLEF]

Nome condizione	$\gamma$	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Condizione 1)	1.00	1.00

### Combinazione n° 7 [SLEQ]

Nome condizione	$\gamma$	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (Condizione 1)	1.00	1.00

## 9.7 Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.35	1.15	1.00	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

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

### Analisi della paratia

**L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico**

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 2 elementi fuori terra e 100 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	0.10	[m]
Profondità di infissione	5.00	[m]
Altezza totale della paratia	5.10	[m]

### Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

*Simbologia adottata*

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y <sub>Pa</sub>	Is	Y <sub>Is</sub>	Pw	Y <sub>Pw</sub>	Pp	Y <sub>Pp</sub>	Pc	Y <sub>Pc</sub>
		[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]
1	[A1-M1]	4	0.06	--	--	--	--	-7968	0.74	3226	1.83
2	[A1-M1 S]	-1	0.08	5	0.07	--	--	-5315	0.74	2151	1.83
3	[A2-M2]	4	0.06	--	--	--	--	-6921	0.74	2811	1.83
4	[A2-M2 S]	-50	0.07	56	0.07	--	--	-5329	0.74	2164	1.83
5	[SLER]	3	0.06	--	--	--	--	-5313	0.74	2151	1.83
6	[SLEF]	3	0.06	--	--	--	--	-5313	0.74	2151	1.83
7	[SLEQ]	3	0.06	--	--	--	--	-5313	0.74	2151	1.83



*Simbologia adottata*

n° Indice della Combinazione/Fase  
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
 Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]  
 Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]  
 Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]  
 Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y <sub>Rc</sub>	Rt	Y <sub>Rt</sub>	Rv	Y <sub>Rv</sub>	Rp	Y <sub>Rp</sub>
1	[A1-M1]	4739	0.00	--	--	--	--	--	--
2	[A1-M1 S]	3159	0.00	--	--	--	--	--	--
3	[A2-M2]	4107	0.00	--	--	--	--	--	--
4	[A2-M2 S]	3159	0.00	--	--	--	--	--	--
5	[SLER]	3159	0.00	--	--	--	--	--	--
6	[SLEF]	3159	0.00	--	--	--	--	--	--
7	[SLEQ]	3159	0.00	--	--	--	--	--	--

*Simbologia adottata*

n° Indice della Combinazione/Fase  
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
 P<sub>NUL</sub> Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]  
 P<sub>INV</sub> Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]  
 C<sub>ROT</sub> Punto Centro di rotazione, espresso in [m]  
 MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]  
 R/R<sub>MAX</sub> Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]  
 Pp Portanza di punta, espressa in [kg]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub>	P <sub>INV</sub>	C <sub>ROT</sub>	MP	R/R <sub>MAX</sub>	Pp
1	[A1-M1]	0.10	0.55	1.16	0.99	0.57	833755
2	[A1-M1 S]	0.10	0.55	1.16	0.99	0.39	833755
3	[A2-M2]	0.10	0.55	1.16	7.92	0.73	382533
4	[A2-M2 S]	0.10	0.55	1.16	7.92	0.56	382533
5	[SLER]	0.10	0.55	1.16	0.99	0.39	833755
6	[SLEF]	0.10	0.55	1.16	0.99	0.39	833755
7	[SLEQ]	0.10	0.55	1.16	0.99	0.39	833755

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

*Simbologia adottata*

n° Indice della combinazione/fase  
 Tipo Tipo della combinazione/fase  
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]  
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)  
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	
		[kgm]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	
1	[A1-M1]	2790	0.70	4742	0.10	27759	5.10	MAX
--	--	-120	2.55	-3085	1.15	0	0.00	MIN
2	[A1-M1 S]	1861	0.70	3163	0.10	18716	5.10	MAX
--	--	-80	2.55	-2058	1.15	0	0.00	MIN
3	[A2-M2]	2431	0.70	4110	0.10	24142	5.10	MAX
--	--	-105	2.55	-2688	1.15	0	0.00	MIN
4	[A2-M2 S]	1872	0.70	3165	0.10	18716	5.10	MAX
--	--	-81	2.55	-2070	1.15	0	0.00	MIN
5	[SLER]	1861	0.70	3162	0.10	18716	5.10	MAX
--	--	-80	2.55	-2057	1.15	0	0.00	MIN
6	[SLEF]	1861	0.70	3162	0.10	18716	5.10	MAX
--	--	-80	2.55	-2057	1.15	0	0.00	MIN
7	[SLEQ]	1861	0.70	3162	0.10	18716	5.10	MAX
--	--	-80	2.55	-2057	1.15	0	0.00	MIN

## Spostamenti massimi e minimi della paratia

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y <sub>u</sub> [m]	V [cm]	Y <sub>v</sub> [m]	
1	[A1-M1]	0.2480	0.00	0.0920	0.00	MAX
--	--	-0.0114	1.60	0.0000	0.00	MIN
2	[A1-M1 S]	0.1654	0.00	0.0617	0.00	MAX
--	--	-0.0076	1.60	0.0000	0.00	MIN
3	[A2-M2]	0.2162	0.00	0.0798	0.00	MAX
--	--	-0.0099	1.60	0.0000	0.00	MIN
4	[A2-M2 S]	0.1665	0.00	0.0617	0.00	MAX
--	--	-0.0076	1.60	0.0000	0.00	MIN
5	[SLER]	0.1654	0.00	0.0617	0.00	MAX
--	--	-0.0076	1.60	0.0000	0.00	MIN
6	[SLEF]	0.1654	0.00	0.0617	0.00	MAX
--	--	-0.0076	1.60	0.0000	0.00	MIN
7	[SLEQ]	0.1654	0.00	0.0617	0.00	MAX
--	--	-0.0076	1.60	0.0000	0.00	MIN

## Stabilità globale

Metodo di Fellenius  
Numero di cerchi analizzati 100

### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X <sub>c</sub> ; Y <sub>c</sub> )	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X <sub>v</sub> ; Y <sub>v</sub> )	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X <sub>m</sub> ; Y <sub>m</sub> )	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> ) [m]	R [m]	(X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> ) [m]	(X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> ) [m]	FS
3	[A2-M2]	(-4.59; 3.57)	9.81	(-9.38; -4.99)	(4.88; 0.96)	42.38
4	[A2-M2 S]	(-4.59; 4.59)	10.72	(-9.41; -4.99)	(5.56; 1.10)	29.50

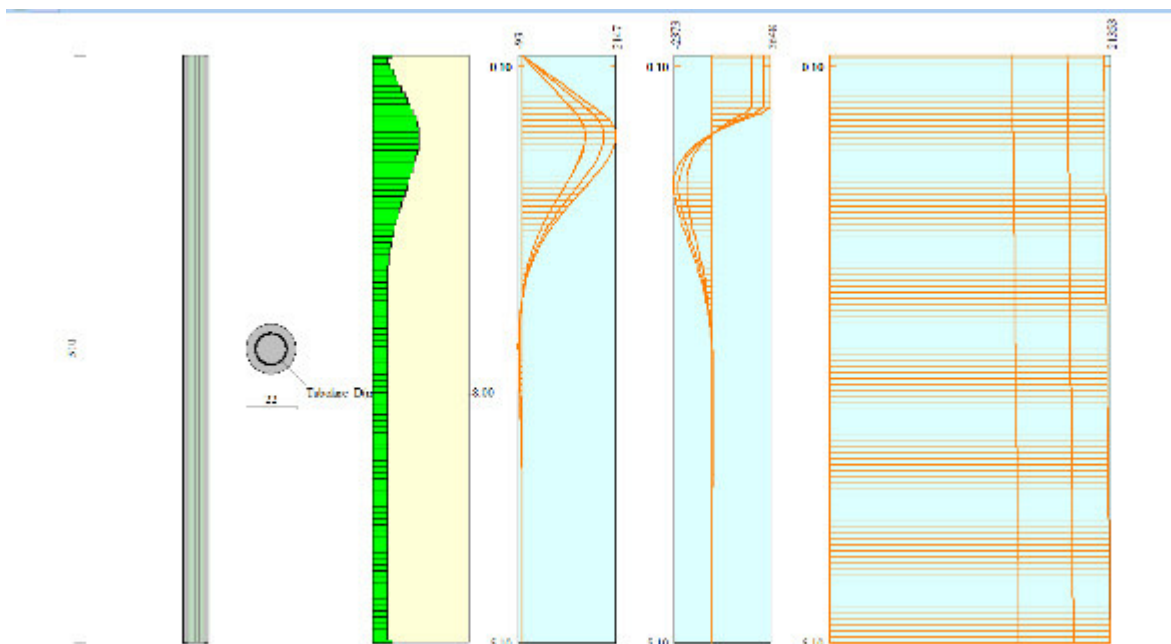


Figura 7: Sollecitazioni sulla paratia, in verde il diagramma di impegno della paratia, sempre inferiore al limite di snervamento

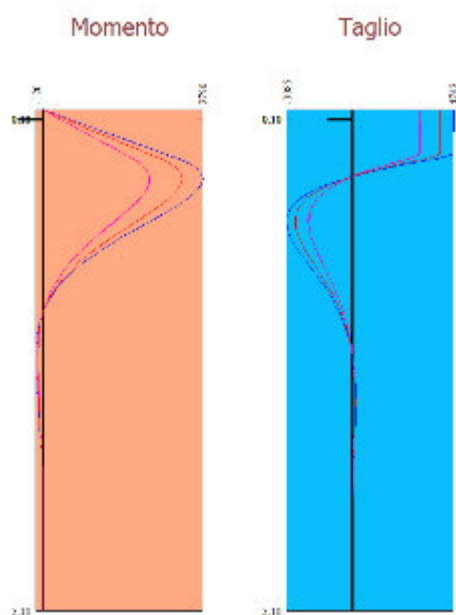


Figura 8: Involuppo di momento e taglio



Figura 9: Deformazione massima pari a 0.5 cm

## 10 Conclusioni

Nella presente relazione sono stati illustrati i risultati delle verifiche geotecniche relative alle opere in progetto inerenti il progetto di TO\_A18\_430\_16\_193 Sistemazione Strada Comunale Colletto - Fonte Bianco.

Le acque provenienti da monte, non sufficientemente regimate, si sono riversate sulla scarpata esistente in un tratto ove non erano presenti opere di sostegno, causando l'erosione e l'imbibizione della coltre detritica sovrastante il substrato roccioso sottostante.

Durante i sopralluoghi è stato possibile definire correttamente e compiutamente l'assetto geologico e stratigrafico e sulla base dell'analisi di dati di letteratura e dell'esperienza dello scrivente in contesti geomorfologici e litologici simili assegnare cautelativamente i parametri geotecnici caratteristici da utilizzare nelle verifiche di stabilità.

Durante il sopralluogo è risultato evidente che l'assetto litologico stratigrafico originario della scarpata franata era costituito da una coltre detritica grossolana formata da clasti di dimensioni decimetriche, poco o per nulla elaborati, spigolosi, costituiti prevalentemente da micascisti e subordinatamente da rari gneiss immersi in matrice sabbiosa, localmente argillosa, fondamentale originatasi dall'alterazione del sottostante substrato metamorfico sostituiti da micascisti fortemente fratturati, di colore bruno, ossidati, giacenti in questo settore leggermente a franapoggio. Superficialmente l'orizzonte detritico si presentava fortemente pedogenizzato con la formazione di un entisuolo di colore bruno scuro ricco in scheletro, con matrice limosa argillosa.

Le opere in progetto sono costituite da una scogliera in massi di cava non cementata, fondata su platea di fondazione in c.a.. La platea è sostenuta alla base da una paratia di micropali con interasse pari a 75 cm, diametro totale di circa 220 cm, armatura costituita da tubolare in acciaio dello spessore di 8 mm e diametro pari a 139,7 mm. Considerando la tipologia di opere si è deciso di effettuare separatamente le verifiche della scogliera e della paratia; La prima verifica, inerente la scogliera è stata compiuta simulando la presenza della platea di fondazione in c.a. considerando oltre alle spinte generate dalla presenza del terreno a tergo della scogliera i carichi indotti dal traffico stradale. Sulla base delle spinte risultanti si è poi verificata la paratia di micropali inserendo una spinta orizzontale sul cordolo in testa pari a quella più gravosa calcolata per la scogliera.

Tutte le verifiche hanno dato esito positivo, confermando che la corretta esecuzione delle opere in progetto, consentirà di eliminare le problematiche connesse ai dissesti per il tratto stradale in oggetto e garantendo per il futuro un'assoluta stabilità complessiva del tratto stradale sotteso dagli interventi.

Ai sensi della L.r. 45/1989 le opere in progetto sono perfettamente compatibili con l'assetto geomorfologico del versante migliorandone la stabilità complessiva.