

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

ADEGUAMENTO SP4

Geologia/Geotecnica Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. G. Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R B	N V 0 8 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	ROCKSOIL <i>Q. Romani</i>	17/09/2012	Ing. F. Colla <i>[Signature]</i>	19/09/2012	E. Pagani <i>[Signature]</i>	21/09/2012	Dott. Geol. E. De Mattei

n. Elab.:

File: IG5101ECVRBNV0800001A00

CUP: F81H92000000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBNV08001A00</p>	<p>Foglio 3 di 39</p>

INDICE

INDICE.....	3
1. PREMESSA.....	4
2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO.....	5
3. INDAGINI ESEGUITE.....	6
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	7
5. DESCRIZIONE GEOTECNICA DEGLI AFFIORAMENTI E DEI TERRENI DI COPERTURA.....	8
6. CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	9
6.1. Coltre detritica.....	9
6.2. Materiale di riporto.....	11
6.3. Depositi alluvionali.....	11
7. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.....	12
7.1. Metargilliti.....	13
7.1.1. Rilievo geostrutturale.....	18
8. PARAMETRI GEOTECNICI PER OGNI SINGOLO INTERVENTO.....	20
9. PRINCIPALI CRITICITA' LUNGO IL TRACCIATO.....	22
9.1. Opera M01.....	23
9.1.1 Analisi di stabilità versante.....	23
9.2. Opera M03.....	26
9.2.1 Analisi di stabilità versante.....	26
9.3 Opera M04.....	30
9.3.1 Analisi di stabilità versante.....	30
9.4 Opera M07.....	33
9.4.1 Analisi stabilità versante.....	33

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5101ECVRBNV08001A00	Foglio 4 di 39

1. PREMESSA

E' importante precisare che, la presente nota revisiona, ove ritenuto necessario, quanto descritto in Progetto Definitivo; rispetto alla fase di PD, alla data odierna, non sono disponibili nuove indagini per un affinamento della caratterizzazione geotecnica dell'area.

L'intervento in esame ricade nei Comuni di Genova e di Ceranesi e prevede un adeguamento di circa 1,7 km della S.P.4 consistente nell'allargamento di alcuni tratti dell'attuale sede stradale con la realizzazione, sul lato monte, di una serie di opere di sostegno e, sul lato valle, di opere a sbalzo con fondazioni superficiali o su micropali.

La presente nota tecnica analizza, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia, l'inserimento, dal punto di vista geologico-tecnico, delle opere in progetto nel contesto geotecnico locale. Sulla base delle risultanze degli accertamenti ad oggi eseguiti, vengono analizzate e descritte le caratteristiche geotecniche dei terreni interagenti con le opere in esame; si rimanda invece agli elaborati di progetto e alle specifiche relazioni di calcolo per quanto riguarda le scelte e le verifiche geotecniche delle strutture di sostegno e delle eventuali opere e scarpate in terra

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBNV08001A00</p>	<p>Foglio 5 di 39</p>

2. **NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO**

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le normative di legge vigenti in materia e più in particolare:

- D.M. 11.03.1988 e s.m.i. “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le 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”
- Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 “Norme tecniche per terreni e fondazioni – istruzioni applicative”
- OPCM 3274 del 20.03.2003 e s.m.i.

Il progetto è stato analizzato nei confronti dei contenuti del “Piano di Bacino del Torrente Polcevera (Piano approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 14 del 02/04/2003 modificato con Delibera del Consiglio Provinciale n.38 del 30/09/2004)”

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBNV08001A00</p>	<p>Foglio 6 di 39</p>

3. INDAGINI ESEGUITE

Per la definizione del quadro geotecnico dei terreni interagenti con le opere all'aperto in progetto sono state eseguite le seguenti indagini:

- raccolta e ordinamento dei dati geotecnici relativi al Progetto Preliminare e alle campagne geognostiche precedenti
- osservazione di dettaglio in sito delle diverse situazioni in progetto, partendo dallabase delle informazioni fornite dal rilevamento geologico di superficie
- rilievi geostrutturali sugli affioramenti più significativi delle diverse lotologie rilevate
- sondaggi geognostici che sono stati ubicati in corrispondenza delle principali opere in progetto e delle situazioni geologico-geotecniche più incerte; nel complesso sono stati eseguiti due sondaggi:
- indagini geofisiche che hanno integrato le informazioni dei sondaggi o sono andate a sostituirli nelle situazioni non accessibili per le sonde
- prove di laboratorio sui campioni di terra e roccia prelevati con i sondaggi

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Il quadro geotecnico dei terreni interagenti con le opere in progetto è stato ricostruito in generale sulla base delle risultanze del rilevamento geologico-tecnico di superficie, di alcuni rilievi geostrutturali, degli studi ed indagini condotte nelle altre viabilità del Terzo Valico su terreni similari .

Si rimandano alla fase costruttiva eventuali ulteriori accertamenti geognostici per la verifica e affinamento di situazioni geotecniche localizzate per le quali dovesse rendersi necessario un approfondimento.

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOTECNICI

LITOLOGIA/TERRENO	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c' (kPa)	cu (Kpa)	E (MPa)	M (MPa)
C – copertura detritica	19	28-31	5-10	10-80	10-18	8-13
Materiale di riporto	20	32	0	–	38	24
a – depositi alluvionali attuali	20	32	0	–	40	27
a – depositi alluvionali recenti	20	32	0	–	40	27
Metargilliti cappellaccio	25	22	100	–	–	400
Metargilliti substrato	26-27	26	250	–	–	1300

Per la descrizione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera in esame si sono presi a riferimento i dati della campagna di indagine geognostica riportati nell'elaborato A301-00-D-CV-RBNV08-00-004-B00 di Progetto Definitivo in allegato.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBNV08001A00</p>	<p>Foglio 8 di 39</p>

5. DESCRIZIONE GEOTECNICA DEGLI AFFIORAMENTI E DEI TERRENI DI COPERTURA

Dall'analisi delle stratigrafie dei sondaggi, riportate nell'elaborato progettuale A301-00-D-CV-RBNV08-00-004-B00, e dal rilevamento geostrutturale, si descrivono da un punto di vista geotecnico, i terreni attraversati.

Metargilliti (Cretaceo inferiore)

Argilliti grigio-nerastre ad accentuata scistosità, con patine di alterazione giallastre e frequenti vene di quarzo rimobilizzato. Si possono presentare con intercalazioni di calcari grigi finemente cristallini e calcari marnoso-arenacei, localmente silicei, in strati o lenti di spessore solitamente inferiore al metro, sovente molto foliati.

Occupano entrambe le sponde della parte terminale del torrente Verde.

La giacitura degli strati (S_1) presenta valori intorno ai 110 – 140/50, con possibili variazioni giustificate dai ripiegamenti dovuti dalle diverse fasi deformative a cui sono state sottoposte.

La spaziatura dei giunti oscilla in un range tra 0.1 e 50cm. I giunti si presentano chiusi con una superficie liscia poco alterata. Il coefficiente di rugosità JRC lungo il giunto assume, secondo la classificazione di Barton, valore 10. La roccia si presenta da compatta (sondaggio SL 38) a fratturata (sondaggio SL 39). RQD assume quindi valori che variano dai 60% ai 30-40%. La resistenza alla compressione uniassiale, misurata con sclerometro leggero sulla superficie di strato e sulle carote, oscilla tra i 5 e 15 Mpa. Le condizioni idrauliche variano da zona a zona, si passa da condizioni di bagnato a condizioni di umido. Non osservano venute d'acqua significative.

Terreni di riporto

Limi argillosi con inclusi clasti poligenici, angolari e materiali di origine antropica. La profondità maggiore di 3.6 metri la si raggiunge nel sondaggio SL39.

Copertura

La coltre di origine eluvio-colluviale è formata prevalentemente da limo con sabbie fine. I clasti sono di natura argillitica e calcarea. Lo spessore, causa anche la pendenza dei versanti in genere è modesto e inferiore ai tre metri.

Depositi alluvionali

Le alluvioni di tipo attuali e recenti, di spessore in genere di 4-5 metri, sono composte da ghiaia poligenica eterometrica subarrotondata in matrice principalmente sabbiosa – limosa.

6. CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

6.1. Coltre detritica

Dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni rimaneggiati del sondaggio SL38 si sono determinate la granulometria, i limiti di atterberg e la classificazione di appartenenza. Si riportano in tabella i valori ottenuti.):

Litologia	Class.ne USCS	Class.ne CNR-UNI 10006	Limite liquido LL	Limite plastico LP	Indice plastico IP	Indice di attività IA	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
Limo sabboso	SC	A-2.4	35	25	10	1.6	39	31	24	6

con $IA < 0.75$ argille inattive
 $0.75 < IA < 1.5$ argille normali
 $IA > 1.5$ argille attive

Dalle prove N SPT eseguite in foro e dall'interpretazione dei tomogrammi si sono ricavati i seguenti parametri di resistenza. Si rimarca che i valori ottenuti sono dipendenti dalla profondità in cui è stata effettuata la prova e quindi dalla pressione geolitostatica a cui sono sottoposti (per uno stesso terreno, N aumenta con la profondità):

Litologia	γ (KN/m ³)	M (Mpa)	E (MPa)	Dr %	ϕ	C (Kg/cm ²)	Cu (Kg/cm ²)	Nspt	CN	N SPT corretto
Limo e sabbia	19	13	18	67	31	0.05	0.1	27	1	27
Limo argilloso debolmente sabbioso	19	8	10	63	28	0.1	0.8	12		
Scaglie di argillite	20	14	24	100	32	0.5	2.3	31	1	31

Le formule utilizzate sono:

$$\phi = 19 - 0,38\sigma + 8,73 \log(N_{spt})$$

Valida per sabbie a qualunque profondità

Viene anche proposta una stima del valore dell'angolo di attrito residuo di terreni coesivi a partire dai valori di:

contenuto di argilla

(<2mm): CA (%)

limite liquido: LL

(%)

indice plastico: IP

(%)

$$Dr(\%) = 21 \text{rad} q(N_{spt}/(s+0.7))$$

Formula di Gibbs e Holtz, valida per terreni prevalentemente sabbiosi.

$$E = 2BN_{spt}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNV08001A00	Foglio 10 di 39

(Schmentermann) Valida per terreni in genere, con B= 4 per sabbie fini, 6 per sabbie medie, 10 per sabbie grossolane.

$$E(\text{Kg/cm}^2) = 5.27 N_{\text{spt}} + 76$$

$$E = m (s'vo p'a)^{0.5}$$

Con $m = 70 \cdot e^{0.02 D_r}$ Valida per Limi

(Web) Valida per sabbie sotto falda

$$M(\text{Kg/cm}^2) = 3.54 N_{\text{spt}} + 38 \text{ (sabbia fine)}$$

$$M(\text{Kg/cm}^2) = 4.46 N_{\text{spt}} + 38 \text{ (sabbia media)}$$

$$M(\text{Kg/cm}^2) = 10.46 N_{\text{spt}} + 38 \text{ (sabbia media + ghiaia)}$$

$$M(\text{Kg/cm}^2) = 11.84 N_{\text{spt}} + 38 \text{ (sabbia ghiaiosa)}$$

(Menzebach e Malcev)

$$M = 100 C_u \text{ (KPa)}$$

In condizioni non drenate, la C_u è determinata tramite le seguenti formule

$$C_u = 0.038 N_{\text{spt}}; \text{ con } C_u \text{ espressa in Kg/cm}^2 \text{ bassa plasticità}$$

$$C_u = 0.074 N_{\text{spt}}; \text{ con } C_u \text{ espressa in Kg/cm}^2 \text{ media plasticità}$$

$$C_u = 0.125 N_{\text{spt}}; \text{ con } C_u \text{ espressa in Kg/cm}^2 \text{ alta plasticità}$$

Relazioni del DM-7 (Design Manual for Soil Mechanics)

o è calcolato sulla base dei valori delle proprietà indice dei terreni coesivi e della pressione geostatica verticale efficace s'vo

$$\text{Skempton (Terzaghi-Peck [1967]) } c_u = (0.11 + 0.0037 IP) s'vo$$

Dove:

N_{spt} = numero di colpi dello Standard Penetration Test

N_{spt} corretto = numero di colpi che tiene conto dell'influenza della pressione litostatica

ϕ = Angolo di attrito interno (per coesione $C_u = 0$)

D_r = Densità relativa del deposito, in %

M = Modulo di compressibilità edometrica in Mpa

E = Modulo di deformazione (Young).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRBNV08001A00 Foglio 11 di 39

C_u = coesione non drenata

γ = peso per unità di volume

6.2. Materiale di riporto

Dalle prove di laboratorio eseguite sui campioni rimaneggiati di un sondaggio in una zona limitrofa, si sono determinate la granulometria, i limiti di atterberg e la classificazione di appartenenza. Si riportano in tabella i valori ottenuti.

Litologia	Class.ne USCS	Class.ne CNR-UNI 10006	Limite liquido LL	Limite plastico LP	Indice plastico IP	Indice di attività IA	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
Materiale di riporto	GM	A-1-b	30	24	6	1.4	47	34	14	4

con $IA < 0.75$ argille inattive
 $0.75 < IA < 1.5$ argille normali
 $IA > 1.5$ argille attive

Dalla prova N SPT eseguita in foro nel sondaggio si sono ricavati i seguenti parametri di resistenza:

Litologia	γ (KN/m ³)	M (Mpa)	E (MPa)	Dr %	ϕ	C (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	Nspt	CN	N SPT corretto
Materiale di riporto	20	24	38	90	32	0	-	19	-	19

Con

$$\phi = 0.28N_{spt} + 27.2$$

Valida per le sabbie in genere con profondità < 5 metri per terreni sopra falda e inferiori a circa 8 metri per terreni in falda (pressione efficace inferiore a 0.8-1 Kg/cm²).

6.3. Depositi alluvionali

Per la descrizione dei terreni si è fatta una serie di ipotesi geotecniche di lavoro facendo riferimento ad un modello di comportamento semplificato del terreno, conservativo nei confronti della sicurezza. Come parametri di resistenza si sono presi a riferimento quelli ottenuti da un sondaggio eseguito a poca distanza dalla tratta in questione. Si riportano nella tabella seguente i risultati ottenuti

Litologia	γ (KN/m ³)	M (Mpa)	E (MPa)	Dr %	ϕ	C (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	Class.ne USCS	Class.ne CNR-UNI 10006	Limite liquido LL	Limite plastico LP	Indice plastico IP
Depositi alluvionali	20	27	40	73	32	0	-	SM	A-1-b	25	20	5

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBNV08001A00</p>	<p>Foglio 12 di 39</p>

7. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Per la determinazione dei parametri di resistenza è stato seguito un criterio di confronto e incrocio dei valori ottenuti secondo le seguenti procedure:

- determinazione dei parametri dell'ammasso roccioso attraverso l'uso del criterio di rottura di Hoek-Brown.
- determinazione dei parametri dell'ammasso mediante correlazioni empiriche che utilizzano l'indice RMR di Bieniawski ottenuto con i rilievi geostrutturali in sito
- risultati delle prove di laboratorio, laddove sono state eseguite
- valori riportati nel Progetto Preliminare
- valori scelti per il progetto definitivo della linea principale
- valori riportati nella letteratura specializzata.

Anche per la valutazione del modulo di deformabilità è stato seguito un criterio di confronto e incrocio dei valori ottenuti secondo diverse procedure:

- utilizzo della correlazione di Serafim e Pereira che sfrutta i valori di RMR ottenuti con i rilievi geostrutturali in sito
- utilizzo della correlazione di Hoek (σ_{ci} 100 Mpa) che sfrutta il valore di GSI
- valori ricavati con le prove dilatometriche in sito
- valori riportati nel Progetto Preliminare
- valori riportati nella letteratura specializzata.

Il metodo Bieniawski (89) si basa sul rilievo di sei parametri geotecnici ad ognuno dei quali è assegnato un peso:

R1 resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta
R2 indice RQD
R3 spaziatura delle discontinuità
R4 condizioni delle discontinuità (rugosità, alterazione, apertura, riempimento, continuità)
R5 condizioni idrauliche
R6 orientamento delle discontinuità (favorevolezza delle giaciture rispetto all'opera da realizzare).

La classificazione definisce due valori dell'indice RMR:

$$RMR_{base} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

$$RMR_{corretto} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6.$$

In base al valore dell'indice RMR, gli ammassi rocciosi vengono suddivisi in cinque classi, per ciascuna delle quali viene indicata una stima di massima dell'angolo di attrito, della coesione, una valutazione della qualità e un giudizio sulle difficoltà di scavo degli ammassi stessi.

Il Criterio di rottura di Hoek e Brown, invece, per le discontinuità degli ammassi rocciosi è espresso

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRBNV08001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 13 di 39</p>

dalla relazione

$$\sigma_{\geq 1} = \sigma_{\geq 3} + \sigma_c [m (\sigma_3 / \sigma_c) + s]^{0.5}$$

dove

$\sigma_{\geq 1}$ = sforzo efficace principale massimo alla rottura

$\sigma_{\geq 3}$ = sforzo efficace principale minimo alla rottura

σ_c = resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

m, s = costanti dipendenti dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

Dalla precedente equazione si derivano le espressioni dei parametri di resistenza al taglio equivalenti all'involuppo dei cerchi di Mohr:

$$\tau = A \sigma_c [(\sigma_n - \sigma_{tm}) / \sigma_c] \text{ dove}$$

τ = tensione di taglio alla rottura

A, B = costanti del materiale

σ_n = sforzo normale efficace

σ_{tm} = resistenza a trazione

Le costanti m e s nella prima equazione, sono funzione dell'indice GSI (Geological Strength Index) che si può stimare dall'indice RMR di Bieniawski:

$$GSI = RMR_{base} - R5 + 10$$

Verosimilmente i parametri geotecnici ricadranno all'interno dei valori ricavabili dalle due classificazioni a seconda della fratturazione più o meno intensa e che varia notevolmente da punto a punto, e dell'orientamento dei versanti.

7.1. Metargilliti

Durante la campagna geognostica si sono raccolti dei campioni da analizzare in laboratorio. I risultati di tali indagini, insieme alle altre prove, costituiscono l'elaborato progettuale A301-00-DCV-RB-NV08-00-004-B00. In rapporto alla consistenza dei campioni presi, come prove di laboratorio, è stato possibile effettuare solo un point load test, oltre alle analisi delle caratteristiche fisiche, in quanto la fratturazione presente, non permetteva di prelevare campioni significativi per altre prove. Si è cercato di fare una prova di taglio diretto sullo spezzone R2 del sondaggio SL38 ma il suo stato di conservazione non ha permesso di portare a termine la prova.

Il parametro di resistenza ricavabile dalla prova Point Load Test è la resistenza a compressione monoassiale Q_c . Un valore della resistenza a compressione è stato ricavato anche dall'utilizzo del martello di Schmidt (martello L) sugli affioramenti rocciosi identificati nella carta geologica con il simbolo RS #.

Da un sondaggio vicino, appartenente ad un'altra viabilità, SL24, nelle argilliti è stata effettuata una prova dilatometrica in foro e si è determinato il modulo di deformazione E pari a 8500 MPa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNV08001A00	Foglio 14 di 39

Nella parte bassa dell'intervento le argilliti si presentano a tessitura compatta, nere con frequenti essudazioni di quarzo. L'RQD è in media intorno ai 70°.

Proseguendo verso Nord, s'intervallano con marne e calcari di colore grigio. Le fratture presenti sono riempite di calcite. L'RQD scende a valori intorno ai 30-40%.

Litologia	Resistenza alla compressione Qc (MPa)	Resistenza alla compressione Qc (MPa) - RS01	Resistenza alla compressione Qc (MPa) - RS02	Resistenza alla compressione Qc (MPa) - RS03	Peso di volume KN/m3
Metargilliti	13.9* (SL 39)	15**	13**	15.5**	27.5

Dal confronto e dall'analisi delle prove effettuate e dalle classificazioni sotto riportate, per le argilliti si possono riconoscere due orizzonti con parametri geotecnici differenti. Il primo, se presente, corrisponde ad uno strato d'alterazione superficiale "cappellaccio o scaglie argillitiche" che può variare, a seconda della stato tensionale subito, da pochi metri ad una decina di metri, il secondo, invece, corrisponde ad una litologia più compatta, e i suoi parametri sono determinati dalle prove di laboratorio effettuate. I parametri identificativi dei due orizzonti sono i seguenti:

	γ *	ϕ°	C**	M***
Orizzonte 1	25	22	1	400
Orizzonte 2	26-27	26	2.5	1300

* (KN/m3)
 ** (Kg/cm²)
 *** (Mpa)

Si riportano di seguito i risultati della classificazione di Bieniawski e di Hoek Brown per la resistenza alla compressione minima e massima e i risultati del rilievo geostrutturale

Classificazione per resistenza alla compressione massima

Classificazione di Bieniawski

R1 ---- Resistenza compressione unix : 15. MPa
 R2 ---- RQD : 60.%
 R3 ---- Spaziatura discontinuità : 0.5 m
 R4a --- Lunghezza discontinuità : > 20 mm
 R4b --- Apertura discontinuità : Nessuna mm
 R4c --- Rugosità : Liscia
 R4d --- Riempimento : <5 mm mater. duro
 R4e --- Alterazione : Poco alterata
 R5 ---- Condizioni idrauliche : Umido
 R6 --- Orientamento discontinuità (fondazione) : Poco favorevole
 Stress orizzontale : 0. MPa
 Alterabilità della massa rocciosa : Bassa resistenza all'alterazione

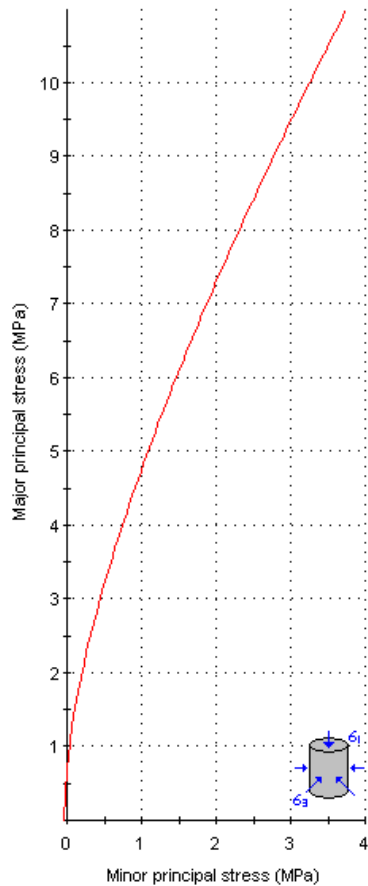
Risultato

	base	corretto
RMR	48.	33.3
Classe	III	IV
Descrizione	Discreto	Scadente
$\phi(^{\circ})$	29	23.5
c (KPa)	240	184

Hoek Brown Classification

sigci 15 MPa
 GSI 48
 mi 6
 D 0
 Hoek Brown Criterion
 mb 0.936708
 s 0.00309559
 a 0.506582
 Failure Envelope Range
 Application General
 sig3max 3.75 MPa
 Mohr-Coulomb Fit
 c 0.618046 MPa
 phi 25.7178 degrees
 Rock Mass Parameters
 sigt -0.0495713 MPa
 sigc 0.80343 MPa
 sigcm 1.96736 MPa
 Em 3451.8 MPa

Analysis of Rock Strength using RocLab

**Hoek-Brown Classification**

intact uniaxial compressive strength = 15 MPa
 GSI = 48 $m_i = 6$ Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

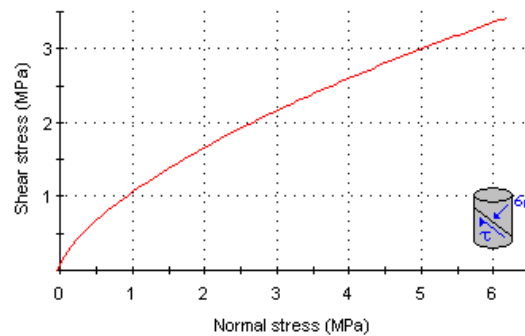
$m_b = 0.937$ $s = 0.0031$ $a = 0.507$

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.618 MPa friction angle = 25.72 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.050 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.803 MPa
 global strength = 1.967 MPa
 modulus of deformation = 3451.80 MPa

**Classificazione per resistenza alla compressione minima***Classificazione di Bieniawski*

R1 ---- Resistenza compressione uniaxiale : 5. MPa

R2 ---- RQD : 30.%

R3 ---- Spaziatura discontinuità : 0. m

R4a --- Lunghezza discontinuità : < 1 m

R4b --- Apertura discontinuità : 0,1 - 1 mm

R4c --- Rugosità : Leggermente rugosa

R4d --- Riempimento : <5 mm mater. duro

R4e --- Alterazione : Poco alterata

R5 ---- Condizioni idrauliche : Bagnato

R6 --- Orientamento discontinuità (fondazione) : Poco favorevole

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRBNV08001A00 Foglio 17 di 39

Stress orizzontale : 0. MPa

Alterabilità della massa rocciosa : Bassa resistenza all'alterazione

Risultato	base	corretto
RMR	33.3	23.7
Classe	IV	IV
Descrizione	Scadente	Scadente
ϕ (°)	23.7	16.9
c (KPa)	166.67	118.5
Ed (GPa)	3.83	2.2
Q index	0.306	0.105
RSR index	39.65	33.47

Hoek Brown Classification

sigci 5 MPa

GSI 36

mi 6

D 0

Hoek Brown Criterion

mb 0.610208

s 0.000815988

a 0.514908

Failure Envelope Range

Application General

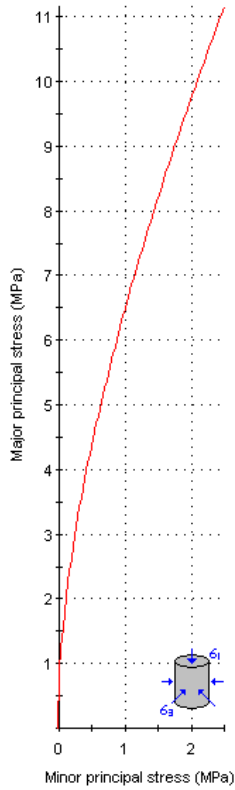
sig3max 1.25 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 0.165 MPa

phi 22.36 degrees

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 10 MPa
GSI = 53 mi = 16 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

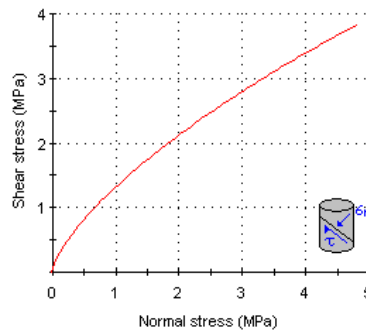
mb = 2.986 s = 0.0054 a = 0.505

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.600 MPa friction angle = 35.46 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.018 MPa
uniaxial compressive strength = 0.717 MPa
global strength = 2.326 MPa
modulus of deformation = 3758.37 MPa



7.1.1. Rilievo geostrutturale

Giaciture discontinuità

140/44	130/50	100/75	110/80	200/60	148/54	110/50	130/58	130/45	120/45
148/58									

Dati sclerometrici RS01

α	135	135	135	135	135	135	135	135	135
Valore	20	16	20	10	18	12	10	26	22

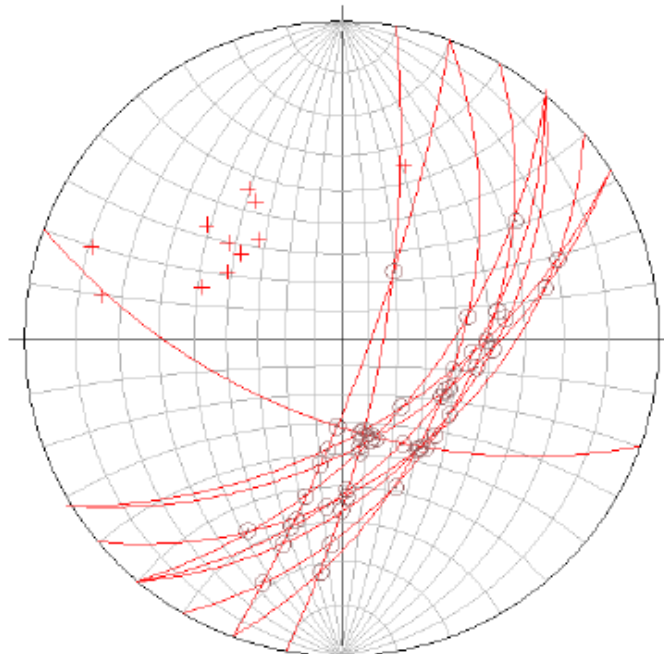
Dati sclerometrici RS02

α	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Valore	0	10	5	20	25	25	10	10	15

α	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Valore	14	16	16	5	25	20	10	15	15

Dati sclerometrici RS03

α	135	135	135	135	135	135	135	135	135
Valore	10	12	18	20	24	14	16	20	20

Stereogramma con riportati i poli e i piani delle superfici di discontinuità

8. PARAMETRI GEOTECNICI PER OGNI SINGOLO INTERVENTO

Si riporta nella tabella seguente, per ogni opera d'arte individuata, i principali parametri geotecnici, e lo spessore certo o presunto degli strati interessati. Lo spessore è determinato in base ai logs stratigrafici e alle tomografie sismiche, se l'opera d'arte è in prossimità di un sondaggio o di una prova geofisica, altrimenti viene stimato in base all'interpolazione dei sondaggi e delle tomografie più vicini all'opera d'arte.

Opere	Materiale di riporto						Copertura						Substrato					
	γ^*	ϕ^*	C**	Cu**	M***	Sp	Simb	γ^*	ϕ^*	C**	Cu**	M***	Sp.	γ^*	ϕ^*	C**	M***	Sp.
M01	20	32	0	0	24	1	LS	19	31	0.05	0.4	13	1.8	26-27	26-27	2.5	1300	
							SC	20	32	0.5	2.3	14	1.7					
M02	20	32	0	0	24	1	LS	19	31	0.05	0.4	13	1.8	26-27	26-27	2.5	1300	
							SC	20	32	0.5	2.3	14	1.7					
CS01	20	32	0	0	24	1	LS	19	31	0.05	0.4	13	1	26-27	26-27	2.5	1300	
							SC	20	32	0.5	2.3	14	1.7					
M03	20	32	0	0	24	1	LA	19	28	0.1	0.8	8	1	25	22	1	400	7mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
CS02	20	32	0	0	24	1								25	22	1	400	7mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
CS03	20	32	0	0	24	1								25	22	1	400	5mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
CS04	20	32	0	0	24	1								25	22	1	400	7mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
M04							LA	19	28	0.1	0.8	8	1	25	22	1	400	10mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
CS05	20	32	0	0	24	1								25	22	1	400	5mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
M05							LA	19	28	0.1	0.8	8	1	25	22	1	400	4mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
CS06	20	32	0	0	24	1								25	22	1	400	8mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
M06							LA	19	28	0.1	0.8	8	1	25	22	1	400	8mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
CS07	20	32	0	0	24	1								25	22	1	400	7mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
M07														25	22	1	400	10mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
M08														25	22	1	400	9mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
M09														25	22	1	400	7mt
														26-27	26-27	2.5	1300	
M10														25	22	1	400	7mt
														26-27	26-27	2.5	1300	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG5101ECVRBNV08001A00

Foglio
21 di 39

*(kN/m³)

**[Kg/cm²)

***[Mpa)

Simbologia: LS= limo e sabbia

LA= limo argilloso debolmente argilloso

SC= scaglie argillitiche

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNV08001A00	Foglio 22 di 39

9. PRINCIPALI CRITICITA' LUNGO IL TRACCIATO

E' importante precisare che rispetto alla fase di PD, alla data odierna non sono disponibili nuove indagini per una verifica della stabilità globale dei versanti interagenti con le opere previste.

In attesa dei risultati di nuove indagini in esecuzione il presente documento riporta le analisi effettuate in fase di Progetto Definitivo.

Il tracciato si snoda principalmente o sui depositi alluvionali, terreni dalle caratteristiche geotecniche buone, soprastanti il substrato roccioso argillitico o poggia direttamente sulla roccia che si presenta da compatto a fortemente foliata. La copertura detritica è minima o assente, comunque minore di tre metri. La viabilità ricade all'interno del Bacino del Torrente Verde, bacino le cui principali criticità di tipo geologico-geomorfologico emerse dagli studi e dalle analisi effettuate sono da ricondursi sia a fattori di carattere regionale, e che contraddistinguono la maggior parte dei bacini Liguri, sia a particolari situazioni locali.

Si tratta di un bacino in erosione in quanto i suoi maggiori rii e torrenti sono in fase di ringiovanimento; ciò determina l'instaurarsi di processi gravitativi che hanno nell'azione di lavatrice delle acque, sia incanalate che diffuse, una delle loro principali cause innescanti. Il fattore antropico è un altro possibile elemento predisponente al dissesto: la geomorfologia attuale del nostro territorio risulta modificata rispetto al suo assetto naturale. Molti versanti sono stati rimodellati e utilizzati per le risorse umane. Specialmente in presenza di suoli argillitici, per coltivazioni olivicole, si sono realizzate fasce terrazzate, le quali, se abbandonate, sono soggette a crollo e a ruscellamento diffuso.

La strada corre su un tracciato pianeggiante, lungo il fondovalle costeggiando il torrente Verde e non presenta tratti su versanti. Dall'analisi della carta della suscettività al dissesto e della franosità reale del Piano di Bacino del Torrente Polcevera (Piano approvato con Delibera del Consiglio

Provinciale n. 14 del 02/04/2003 modificato con Delibera della Giunta Provinciale n.493 del 04/11/2003 (Rio Tageli)) non emergono situazioni di particolare criticità. Solo in due punti s'incontrano zone a suscettività al dissesto alto; nei tratti compresi tra le sezioni 28 e 31 e tra le sezioni 58-61. Questo è dovuto principalmente all'acclività dei versanti e alla loro natura; rocce argillitiche foliate con bassa resistenza all'erosione. Come dissesti si rilevano due frane quiescenti; la prima lungo la strada che porta a Marseno, e che non interessa direttamente il tracciato stradale, la seconda a Nord di Ceresella ed interessa le opere di sostegno nel tratto tra le sezioni 35-36. Come fattori innescanti del movimento franoso, si rilevano l'erosione spondale del torrente Verde, e la concentrazione di fondo del rio laterale; fattori che potrebbero essere causa di possibili riattivazioni. Entrambe le frane sono di tipo di scivolamento o scorrimento.

I fenomeni riconducibili a scorrimento e scivolamento costituiscono la tipologia di frana più frequentemente osservata nel territorio in esame: si tratta nella gran parte dei casi di movimenti che avvengono al contatto tra le coltri eluvio-colluviali e/o di detrito di falda ed il substrato lapideo, o perlomeno la parte più alterata e fratturata dello stesso (il "cappellaccio"), per scivolamento lungo superfici più o meno piane, coincidenti con il contatto coltri-substrato, oppure discontinuità strutturali, quali in particolare passaggi tra strati e/o giunti in diverse condizioni di conservazione. La franosità,

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNV08001A00	Foglio 23 di 39

oltre ad essere condizionata dalle ridotte caratteristiche meccaniche dei materiali coinvolti, è influenzata dalle condizioni idrogeologiche connesse alla presenza del contatto con le argilliti.

In relazione alle opere d'arte presenti e alle criticità emerse, si analizza la stabilità globale dei versanti per le seguenti opere:

M01

M03

M04

M07

Le verifiche strettamente legate alle caratteristiche dell'opera, quali ad esempio, le verifiche al ribaltamento, al scivolamento dei muri, o la portanza

9.1. Opera M01

L'opera prevede la realizzazione di un Muro di controripa in C.A. di caratteristiche e tipologie equivalenti a quelli di contenimento. Date le caratteristiche stratigrafiche del versante sono state colte delle fondazioni dirette.

9.1.1 Analisi di stabilità versante

Viene analizzata la stabilità globale del versante. Il calcolo del coefficiente di sicurezza nei confronti della rottura è stato effettuato secondo le usuali metodologie dell'equilibrio limite, considerando la presenza di falda idrica e di eventuali sovraccarichi. Si sono utilizzati i metodi di Ambrose, Bishop e GLE/Morgenstern-Price.

Le verifiche di stabilità sono state svolte prendendo in considerazione i meccanismi di rottura che e condizioni al contorno evidenziano come più probabili. Nella maggioranza dei casi questi si riducono allo scorrimento di tipo rotazionale.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, **1.62** è da considerarsi più che soddisfacente.

Essendo l'area in oggetto classificata, secondo le nuove norme per l'individuazione delle zone sismiche, in classe 4, è stato altresì calcolato il coefficiente di sicurezza tenendo conto dell'azione sismica e quindi dell'incremento delle forze di spinta generato dall'accelerazione orizzontale dello spettro di risposta elastico. Per questa classe l'accelerazione di picco orizzontale del suolo $a_g = 0.05$. Per la stabilità dei pendii le forze agenti sono costituite oltre che dal peso proprio di volume dei terreni interessati, dalle forze di inerzia dovute all'azione sismica. Valgono quindi le seguenti uguaglianze:

$$F_H = 0.5 S a_g W$$

$$F_V = 1/2 F_H$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5101ECVRBNV08001A00	Foglio 24 di 39

essendo F_H e F_V rispettivamente le risultanti verticale ed orizzontale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile. S nel nostro caso è uguale a 1.25 più una aggriazione di 1.2 dovuta a siti in prossimità di pendii scoscesi.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, **1.56** è da considerarsi più che soddisfacente visto l'eccezionalità dell'evento.

Nel seguito sono allegati i relativi elaborati di calcolo.

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Left to Right
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Data Output: Standard
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow R_u with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Janbu simplified
 Janbu corrected
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
 Radius increment: 10
 Minimum Elevation: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

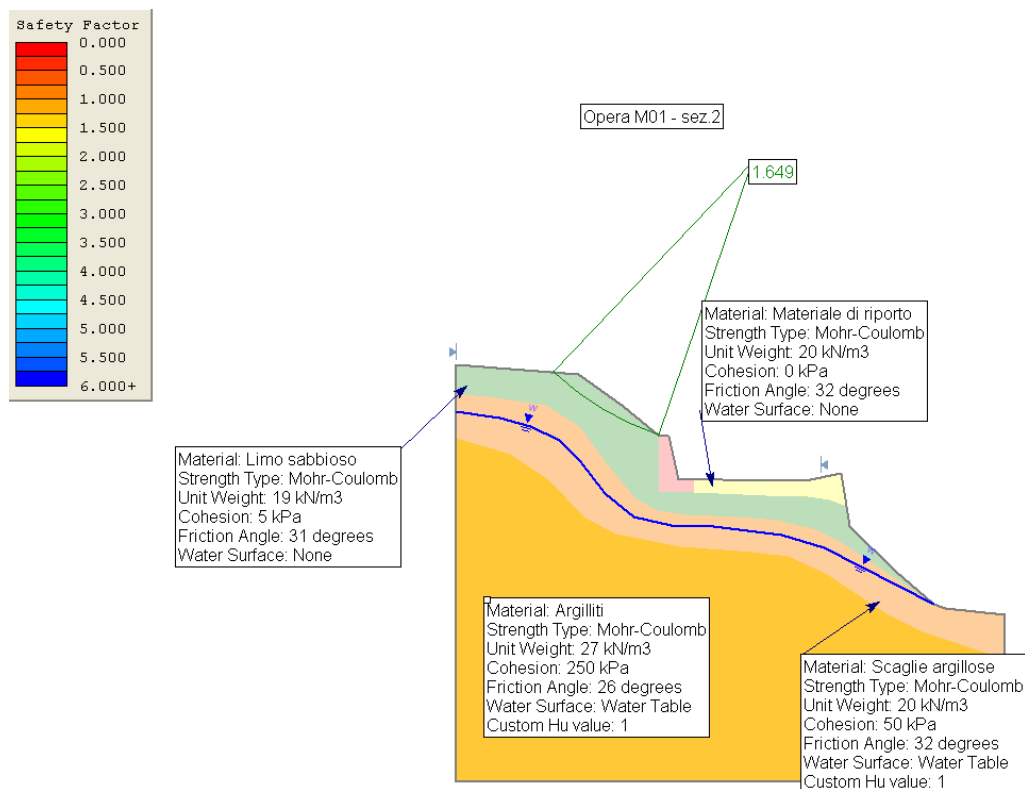
Material: Materiale di riporto
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None
 Material: Limo sabbioso
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 31 degrees
 Water Surface: None

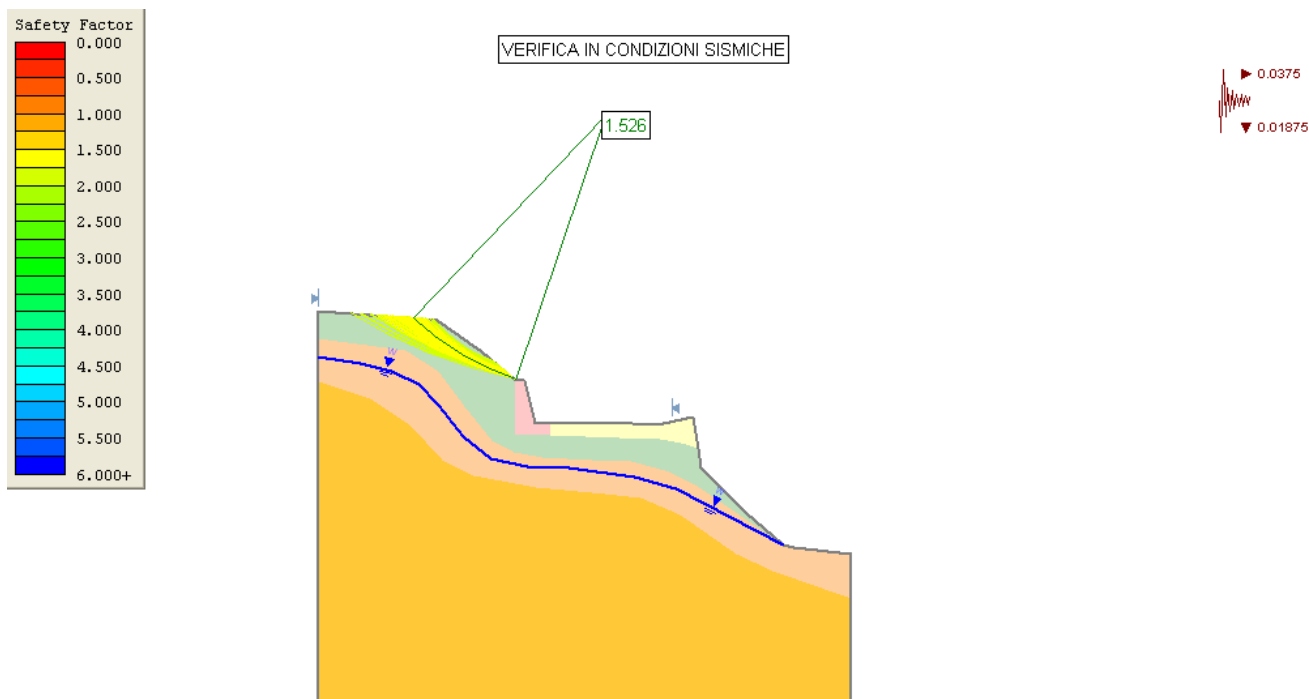
Material: Scaglie argillose
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 50 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1
 Material: Argilliti
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 27 kN/m³
 Cohesion: 250 kPa
 Friction Angle: 26 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0375

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.01875





9.2. Opera M03

L'opera prevede la realizzazione di un Muro di controripa in C.A. di caratteristiche e tipologie equivalenti a quelli di contenimento. Date le caratteristiche stratigrafiche del versante sono state scelte delle fondazioni dirette.

9.2.1 Analisi di stabilità versante

Viene analizzata la stabilità globale del versante. Il calcolo del coefficiente di sicurezza nei confronti della rottura è stato effettuato secondo le usuali metodologie dell'equilibrio limite, considerando la presenza di falda idrica e di eventuali sovraccarichi. Si sono utilizzati i metodi di Ambrogi, Bishop e GLE/Morgenstern-Price.

Le verifiche di stabilità sono state svolte prendendo in considerazione i meccanismi di rottura che e condizioni al contorno evidenziano come più probabili. Nella maggioranza dei casi questi si riducono allo scorrimento di tipo rotazionale.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, **2.15** è da considerarsi più che soddisfacente,

Essendo l'area in oggetto classificata, secondo le nuove norme per l'individuazione delle zone sismiche, in classe 4, è stato altresì calcolato il coefficiente di sicurezza tenendo conto dell'azione sismica e quindi dell'incremento delle forze di spinta generato dall'accelerazione orizzontale dello spettro di risposta elastico. Per questa classe l'accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g

è $= 0.05$. Per la stabilità dei pendii le forze agenti sono costituite oltre che dal peso proprio di

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRBNV08001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 27 di 39</p>

volume dei terreni interessati, dalle forze di inerzia dovute all'azione sismica. Valgono quindi le

seguenti uguaglianze:

$$F_H = 0.5 S_a g W$$

$$F_V = 1/2 F_H$$

essendo F_H e F_V rispettivamente le risultanti verticale ed orizzontale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile. S nel nostro caso è uguale a 1.25 più una aggriazione di 1.2 dovuta a siti in prossimità di pendii scoscesi.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, **1.96** è da considerarsi più che soddisfacente visto l'eccezionalità dell'evento.

Nel seguito sono allegati i relativi elaborati di calcolo.

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow R_u with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Janbu simplified

Janbu corrected

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Minimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

Material: Materiale di riporto

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 32 degrees

Water Surface: None

Material: Limo argilloso

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRBNV08001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 28 di 39</p>

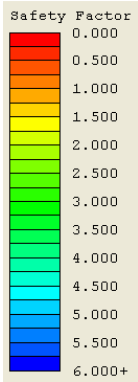
Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa
 Friction Angle: 28 degrees
 Water Surface: None
 Material: Argilliti foliate
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Cohesion: 100 kPa
 Friction Angle: 22 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1
 Material: Argilliti
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 27 kN/m³
 Cohesion: 250 kPa
 Friction Angle: 26 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Global Minimums

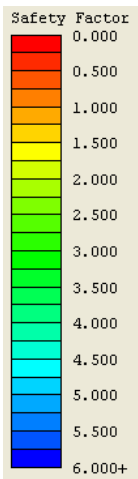
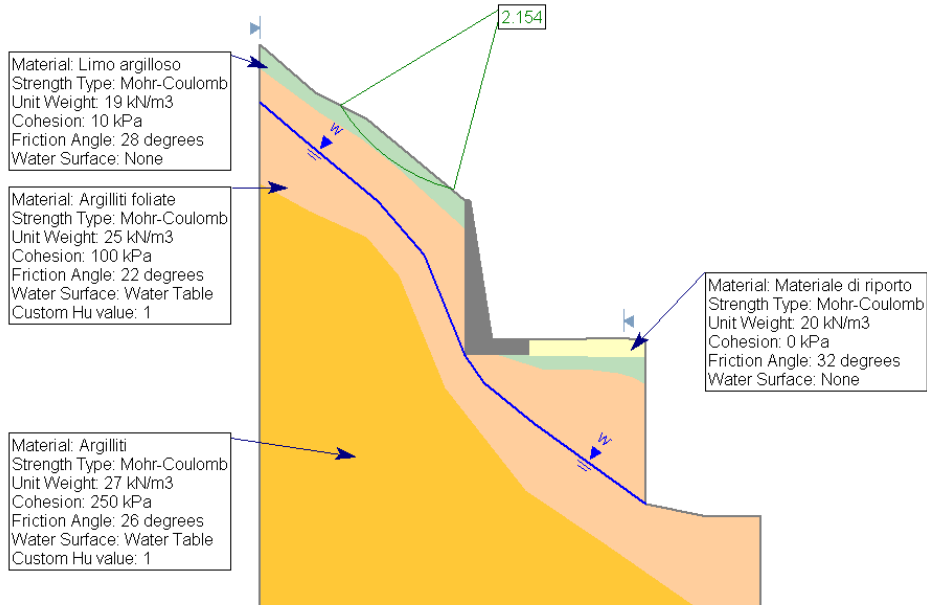
Method: bishop simplified
 FS: 2.102660
 Center: 11.161, 131.149
 Radius: 11.303
 Left Slip Surface Endpoint: 1.488, 125.299
 Right Slip Surface Endpoint: 8.254, 120.225
 Resisting Moment=1524.19 kN-m
 Driving Moment=724.887 kN-m
 Method: janbu simplified
 FS: 2.067590
 Center: 11.161, 131.149
 Radius: 11.303
 Left Slip Surface Endpoint: 1.488, 125.299
 Right Slip Surface Endpoint: 8.254, 120.225
 Resisting Horizontal Force=106.288 kN
 Driving Horizontal Force=51.4068 kN
 Method: janbu corrected
 FS: 2.154280
 Center: 11.161, 131.149
 Radius: 11.303
 Left Slip Surface Endpoint: 1.488, 125.299
 Right Slip Surface Endpoint: 8.254, 120.225
 Resisting Horizontal Force=110.745 kN
 Driving Horizontal Force=51.4068 kN

Loading

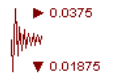
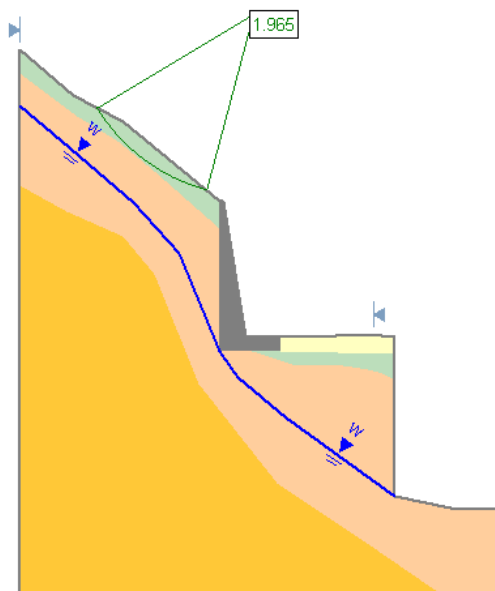
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0375
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.01875



OPERA M03 SEZ. 29



VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBNV08001A00</p>	<p>Foglio 30 di 39</p>

9.3 Opera M04

L'opera prevede la realizzazione di un Muro di controripa in C.A. di caratteristiche e tipologie equivalenti a quelli di contenimento. Date le caratteristiche stratigrafiche del versante sono state scelte delle fondazioni dirette.

9.3.1 Analisi di stabilità versante

Viene analizzata la stabilità globale del versante. Il calcolo del coefficiente di sicurezza nei confronti della rottura è stato effettuato secondo le usuali metodologie dell'equilibrio limite, considerando la presenza di falda idrica e di eventuali sovraccarichi. Si sono utilizzati i metodi di ambu, Bishop e GLE/Morgenstern-Price.

Le verifiche di stabilità sono state svolte prendendo in considerazione i meccanismi di rottura che e condizioni al contorno evidenziano come più probabili. Nella maggioranza dei casi questi si riducono allo scorrimento di tipo rotazionale.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, **1.33** è da considerarsi più che soddisfacente,

Essendo l'area in oggetto classificata, secondo le nuove norme per l'individuazione delle zone sismiche, in classe 4, è stato altresì calcolato il coefficiente di sicurezza tenendo conto dell'azione sismica e quindi dell'incremento delle forze di spinta generato dall'accelerazione orizzontale dello spettro di risposta elastico. Per questa classe l'accelerazione di picco orizzontale del suolo $a_g = 0.05$. Per la stabilità dei pendii le forze agenti sono costituite oltre che dal peso proprio di volume dei terreni interessati, dalle forze di inerzia dovute all'azione sismica. Valgono quindi le seguenti uguaglianze:

$$F_H = 0.5 S a_g W$$

$$F_V = 1/2 F_H$$

essendo F_H e F_V rispettivamente le risultanti verticale ed orizzontale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile. S nel nostro caso è uguale a 1.25 più una maggiorazione di 1.2 dovuta a siti in prossimità di pendii scoscesi.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, **1.30** è da considerarsi più che soddisfacente visto l'eccezionalità dell'evento.

Nel seguito sono allegati i relativi elaborati di calcolo.

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRBNV08001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 31 di 39</p>

Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Janbu simplified
 Janbu corrected
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

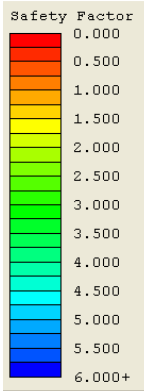
Surface Type: Circular
 Radius increment: 10
 Minimum Elevation: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

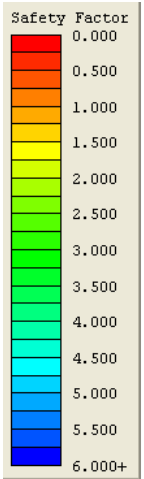
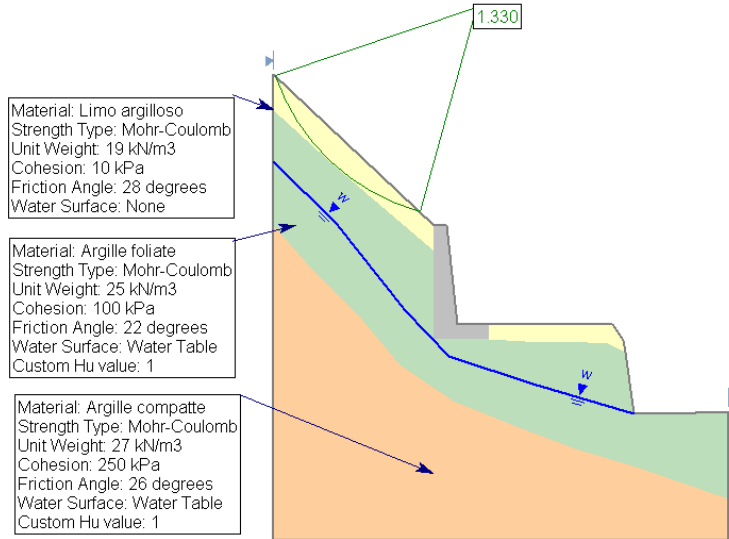
Material: Limo argilloso
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa
 Friction Angle: 28 degrees
 Water Surface: None
 Material: Argille foliate
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Cohesion: 100 kPa
 Friction Angle: 22 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1
 Material: Argille compatte
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 27 kN/m³
 Cohesion: 250 kPa
 Friction Angle: 26 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Loading

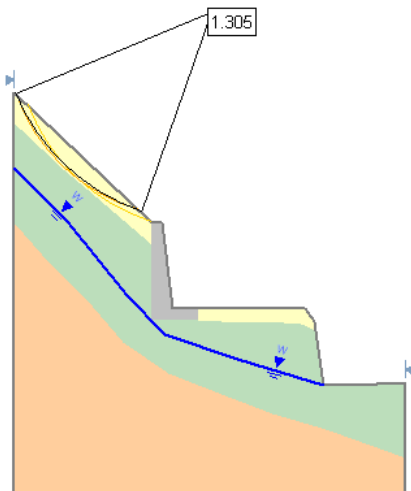
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0375
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.01875



OPERA M04 SEZ. 35



VERIFICA IN CONDIZIONI SISMICHE



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBNV08001A00	Foglio 33 di 39

9.4 Opera M07

L'opera prevede la realizzazione di un Muro di sostegno e la posa in opera di una rete con chiodatura al fine di riqualificare l'ammasso roccioso che nei primi metri di spessore risulta alterato e fratturato.

9.4.1 Analisi stabilità versante

Viene analizzata la stabilità globale del versante. Il calcolo del coefficiente di sicurezza nei confronti della rottura è stato effettuato secondo le usuali metodologie dell'equilibrio limite, considerando la presenza di falda idrica e di eventuali sovraccarichi. Si sono utilizzati i metodi di Ambrose, Bishop e GLE/Morgenstern-Price.

Le verifiche di stabilità sono state svolte prendendo in considerazione i meccanismi di rottura che in condizioni al contorno evidenziano come più probabili. Nella maggioranza dei casi questi si riducono allo scorrimento di tipo rotazionale.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, **2.28** è da considerarsi più che soddisfacente,

Essendo l'area in oggetto classificata, secondo le nuove norme per l'individuazione delle zone sismiche, in classe 4, è stato altresì calcolato il coefficiente di sicurezza tenendo conto dell'azione sismica e quindi dell'incremento delle forze di spinta generato dall'accelerazione orizzontale dello spettro di risposta elastico. Per questa classe l'accelerazione di picco orizzontale del suolo $a_g = 0.05$. Per la stabilità dei pendii le forze agenti sono costituite oltre che dal peso proprio di volume dei terreni interessati, dalle forze di inerzia dovute all'azione sismica. Valgono quindi le seguenti uguaglianze:

$$F_H = 0.5 S_a g W$$

$$F_V = 1/2 F_H$$

essendo F_H e F_V rispettivamente le risultanti verticale ed orizzontale delle forze d'inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile. S nel nostro caso è uguale a 1.25 più una aggraviatura di 1.2 dovuta a siti in prossimità di pendii scoscesi.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, **2.15** è da considerarsi più che soddisfacente visto l'eccezionalità dell'evento.

Nel seguito sono allegati i relativi elaborati di calcolo.

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRBNV08001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 34 di 39</p>

Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
 Janbu corrected
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
 Radius increment: 10
 Minimum Elevation: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

Material: Argilla fratturata
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Cohesion: 100 kPa
 Friction Angle: 22 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1
 Material: Argilla compatta
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 27 kN/m³
 Cohesion: 250 kPa
 Friction Angle: 26 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1
 Material: Riporto
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None
 Material: Copertura detritica
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 28 degrees
 Water Surface: None

Support Properties

Support: Chiodatura
 Chiodatura
 Support Type: End Anchored
 Force Application: Passive

Out-of-Plane Spacing: 1 m
 Anchor Capacity: 60 kN

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 2.287100

Center: 29.492, 153.595

Radius: 30.731

Left Slip Surface Endpoint: 5.892, 133.913

Right Slip Surface Endpoint: 13.577, 127.306

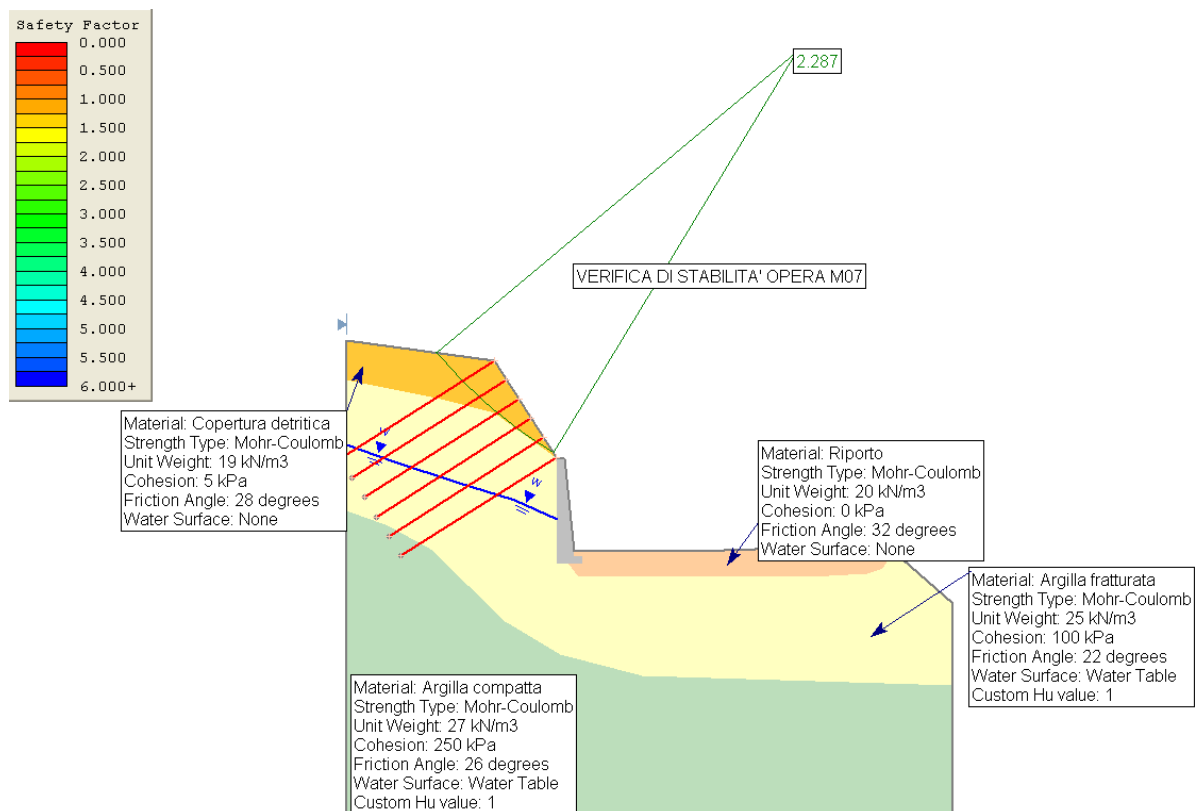
Resisting Moment=11600.1 kN-m

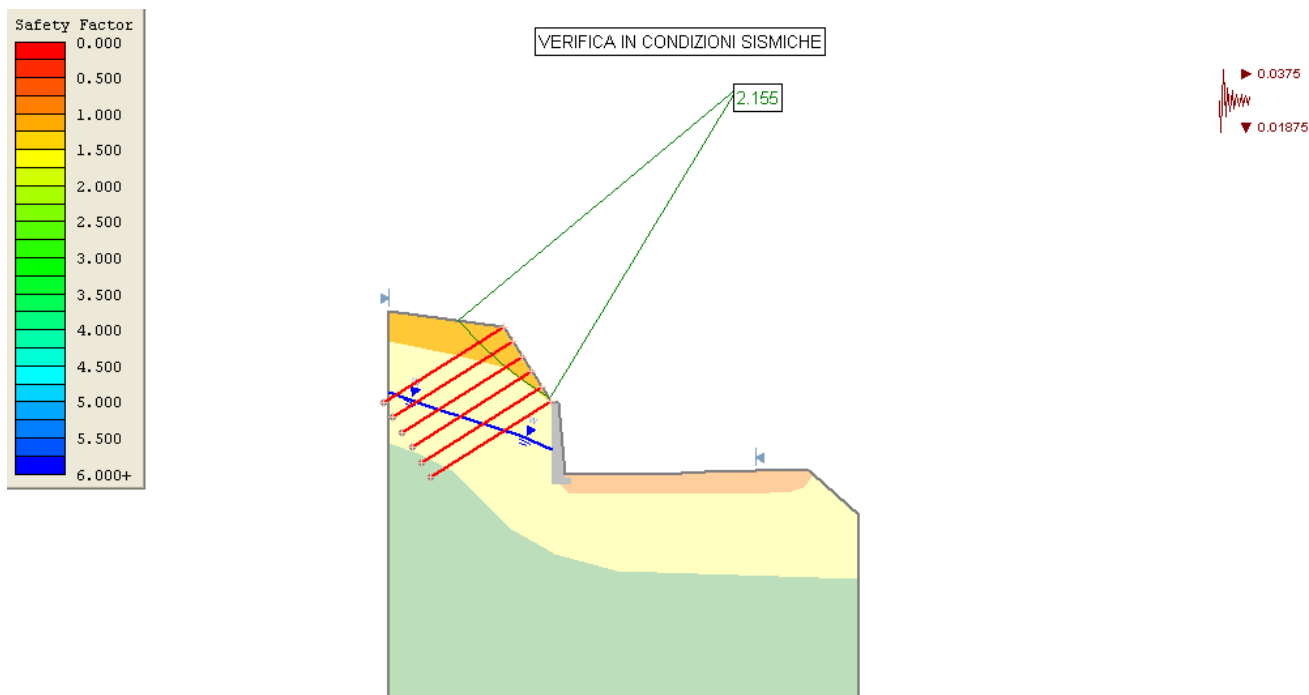
Driving Moment=5071.98 kN-m

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0375

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.01875





È stata effettuata, inoltre, un'analisi deterministica e probabilistica sulla stabilità del versante, considerato in roccia, a sistemazione e lavori finiti. Il coefficiente di sicurezza di 7.15, e le percentuali di probabilità di caduta dei blocchi rocciosi sono valori da ritenersi più che soddisfacenti.

RocPlane Analysis Information

Document Name:

rocplane

Job Title:

PLANE - Planar Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type = Deterministic
 Normal Force = 24.0764 t/m
 Resisting Force = 108.142 t/m
 Driving Force = 15.1177 t/m
 Factor of Safety = 7.15336

Geometry:

Slope Height = 6.5 m
 Wedge Weight = 43.9284 t/m
 Wedge Volume = 17.5714 m³/m
 Rock Unit Weight = 2.5 t/m³
 Slope Angle = 58 °
 Failure Plane Angle = 35 °
 Upper Face Angle = 8 °
 Bench Width = 9.7 m

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRBNV08001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 37 di 39</p>

Wedge Height = 6.5 m
 Waviness = 0 °
 Intersection Point (B) of slope and upper face = (4.06165 , 6.5)
 Intersection point (C) of failure plane and upper face = (8.06165 , 7.06216)
 Upper face length (B --> C) = 4.03931 m
 Failure plane length (Origin --> C) = 9.84146 m
 Wedge Slope length (Origin --> B) = 7.66466 m
 Tension Crack : Not Present

Strength:

Shear Strength Model : Mohr-Coulomb
 Friction Angle = 22 °
 Cohesion = 10 t/m²
 Shear Strength: 108.142 t/m²

Water Pressure:

Water Unit Weight = 1 t/m³
 Pressure Distribution Model : Peak Pressure - Mid Height
 Percent Filled : 100 %
 Water Force on Failure Plane = 19.9871 t/m

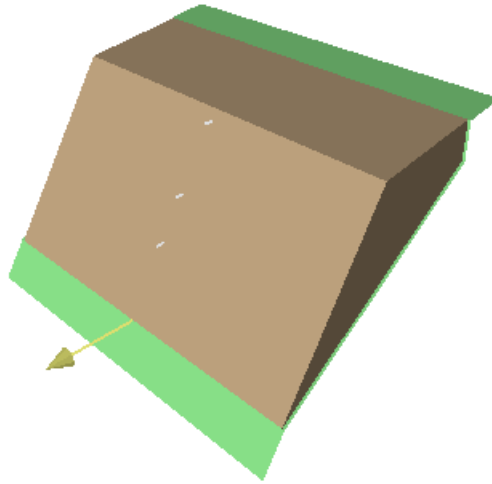
Seismic Force:

Direction : Horizontal
 Seismic Coefficient : 0.093
 Seismic Force : 4.08534 t/m

External Forces : Not Present

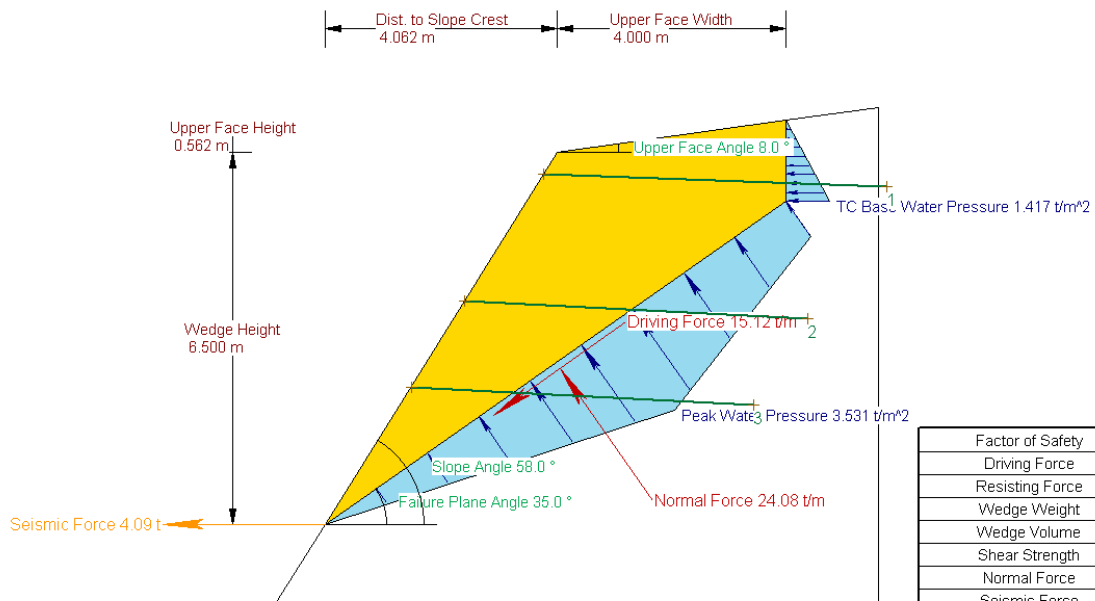
Bolt Force

Resultant Active Bolt Force = 17.9994 t/m
 Active Bolt Angle = 2.66667 °
 Resultant Passive Bolt Force = 0 t/m
 #1 Bolt Capacity = 6 tonnes, Angle = 2 °, length = 6 m, Anchored Length = 5.16624 m,
 Active type
 #2 Bolt Capacity = 6 tonnes, Angle = 3 °, length = 6 m, Anchored Length = 2.10419 m,
 Active type
 #3 Bolt Capacity = 6 tonnes, Angle = 3 °, length = 6 m, Anchored Length = 3.60194 m,
 Active type



Perspective

Project Title: PLANE - Planar Wedge Stability Analysis



Factor of Safety	7.15
Driving Force	15.12t/m
Resisting Force	108.14t/m
Wedge Weight	43.93t/m
Wedge Volume	17.57m³/m
Shear Strength	108.14t/m²
Normal Force	24.08t/m
Seismic Force	4.09t
Plane Waviness	0.0°
Active Bolt Force	18.00t
Active Bolt Angle	357.3°
Passive Bolt Force	0.00t
Passive Bolt Angle	0.0°
Water Force on Failure Plane	19.99t/m
Water Force on Tension Crack	1.00t/m

Bolt Properties:

#	Angle	Capacity	Length	AnchLength
1	2.0°	6.00t/m	6.000 m	5.166 m
2	3.0°	6.00t/m	6.000 m	2.104 m
3	3.0°	6.00t/m	6.000 m	3.602 m

