

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

**VIABILITA' DI ACCESSO AL CANTIERE COP2 CASTAGNOLA
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 2 2 0 0	0 0 2	A

Progettazione :								IL PROGETTISTA
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A00	Prima emissione	ROCKSOIL <i>Tomam</i>	23/05/2012	Ing. F. Colla <i>[Signature]</i>	29/05/2012	E. Pagani <i>[Signature]</i>	31/05/2012	Dott. Geol. E. De Mattei

n. Elab.:	File: IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00
-----------	--------------------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00</p>	<p>Foglio 3 di 21</p>

INDICE

INDICE.....	3
1. PREMESSA.....	5
2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO	6
3. DESCRIZIONE GEOTECNICA DEGLI AFFIORAMENTI E DEI TERRENI DI COPERTURA	7
4. CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	9
4.1. Coltre detritica.....	9
4.2. Materiale di riporto	10
5. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.....	11
5.1. Metargilliti.....	11
5.1.1. Classificazione di Bieniawski e di Hoek Brown.....	11
5.2. Formazione di Mignanego (Cretaceo superiore)	12
5.2.1. Classificazione di Bieniawski e di Hoek Brown.....	12
5.3. Basalti	14
5.3.1. Classificazione di Hoek Brown	14
6. PARAMETRI GEOTECNICI PER OGNI SINGOLO INTERVENTO.....	16
7. PRINCIPALI CRITICITA' LUNGO IL TRACCIATO	17
7.1. Analisi di stabilità globale del versante – opera MP01.....	17

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00

Foglio
4 di 21

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00</p> <p>Foglio 5 di 21</p>

1. PREMESSA

E' importante precisare che, la presente nota riprende quanto descritto in Progetto Definitivo, alla data odierna non sono disponibili nuove indagini e/o rilievi che possano consentire un aggiornamento della caratterizzazione geotecnica dell'area.

L'intervento ricade nel comune di Franconalto (AI) e consiste nella realizzazione della viabilità d'accesso al cantiere Castagnola. L'intervento inizia presso l'intersezione con la S.P. 163 "della Castagnola", termina con il cantiere all'ingresso della galleria di servizio (finestra Castagnola) e si sviluppa per circa 600 m. Per la realizzazione della viabilità di accesso al cantiere Castagnola, è previsto l'allargamento a 6.50 m della sede stradale esistente e la realizzazione di tratto di nuova viabilità.

Le opere d'arte presenti consistono principalmente i muri di sostegno e in un piccolo attraversamento del rio Traversa.

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>IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00</p> <p>Foglio 6 di 21</p>

2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le seguenti normative di Legge:

- 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".

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00	Foglio 7 di 21

3. DESCRIZIONE GEOTECNICA DEGLI AFFIORAMENTI E DEI TERRENI DI COPERTURA

Verranno descritti i principali affioramenti delle formazioni litologiche che interessano il tracciato e/o l'opera d'arte da costruire. È stato eseguito pertanto un rilevamento geostrutturale di dettaglio al fine di determinare, in prima analisi, le caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura e i parametri geomeccanici degli ammassi rocciosi. Ci si baserà inoltre sulle risultanze di alcuni sondaggi eseguiti lungo la provinciale SP. 163 della Castagnola.

Per la descrizione delle rocce ci si è basati sulla Classificazione di Bieniawski e sul Criterio di rottura di Hoek e Brown. 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 (condizioni 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 dalla relazione:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c [m (\sigma_3 / \sigma_c) + s]^{0.5}$$

dove

σ_1 = sforzo efficace principale massimo alla rottura

σ_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:

$$\tau = A \sigma_c [(\sigma_n - \sigma_t m) / \sigma_c]$$

dove

τ = tensione di taglio alla rottura

A, B = costanti del materiale

σ_n = sforzo normale efficace

$\sigma_t m$ = 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:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00
	Foglio 8 di 21

GSI=RMRbase-R5+10

Metargilliti (Cretaceo inferiore)

Si riscontra la presenza di almeno una fase deformativa che ha dato origine a delle pieghe isoclinali. La giacitura degli strati si attesta su valori di 80-90/40-80. La spaziatura dei giunti oscilla intorno ai 20 cm. I giunti presentano un'apertura tra 0.1 e 1 mm con una superficie leggermente rugosa, con riempimento < 5mm di materiale tenero. Il coefficiente di rugosità JRC lungo il giunto assume, secondo la classificazione di Barton, valore tra 12 e 14. In base al numero di fratture presenti per metro cubo ($J_v = 5$) si è stimato un RQD intorno al 30%. La resistenza alla compressione uniassiale, misurata con sclerometro leggero, in zone limitrofe sulla superficie di strato, si attesta intorno ai 20 Mpa (negli strati più compatti).

Formazione di Mignanego (Cretaceo superiore)

La spaziatura dei giunti oscilla intorno ai 70 cm. I giunti presentano un'apertura > 5 mm con una superficie leggermente rugosa, con riempimento di materiale duro. Il coefficiente di rugosità JRC lungo il giunto assume, secondo la classificazione di Barton, valore tra 10 e 12. In base al numero di fratture presenti per metro cubo ($J_v < 1$) si è stimato un RQD intorno al 66%. La resistenza alla compressione uniassiale, misurata con sclerometro leggero, sulla superficie di strato si attesta intorno ai 31 Mpa. Non si osserva presenza di acqua.

Terreni di copertura

La copertura detritica è composta da un livello superficiale limo sabbioso per poi passare a scaglie e frammenti di argilliti insieme a ghiaia eterometrica. Lo spessore è variabile ed è intorno ai tre metri.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00		Foglio 9 di 21

4. CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

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 e si sono presi a riferimento i sondaggi e le prove in sito eseguite a poca distanza dal cantiere, per l'adeguamento SP7/SP163 della Castagnola.

4.1. Coltre detritica

Si riporta in tabella i principali parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio, eseguite sui campioni dei sondaggi, nonché lo spessore della coltre e la sua descrizione.

Sond.	Copertura detritica	Prof. Coltre m	Descrizione campione	Prof. Camp. (m)	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)	LL	LP	IP	IC	M (MPa) con $\sigma=100$
SP21	Limo deb. argilloso e scaglie di argilliti	10	Limo sabbioso argilloso	3.0-3.45	21.5	26.8	0	37.2	27.3	9.9	2.42	1.85
SP12	Limo argilloso e scaglie di argilliti	13	Limo argilloso e scaglie di argilliti	3.0	20.1	32.2	0	38.6	29.3	9.3	1.68	3.5
SP12	Limo argilloso e scaglie di argilliti	13	Limo argilloso e scaglie di argilliti	4.5	20.2	27.5	0	44.4	33.4	11.0	1.99	2.86
SP12	Limo argilloso e scaglie di argilliti	13	Limo con sabbia e argilla grigia	6.0	21.4	32.8	7.4	33.2	22.4	10.8	1.46	2.82

Dalle prove N SPT eseguite in foro attraverso delle correlazioni si sono poi integrati i 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).

Nella tabella sottostante si riportano i valori dei parametri geotecnici assunti per le varie verifiche e calcoli progettuali:

Litologia	M (MPa) con $\sigma=100$	E (MPa)	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	Dr (%)	c (kPa)	cu (kPa)	IP
Limo argilloso	2.5	5	20	27	60	0	50	9
Scaglie e frammenti di argillite	2.5	5	21	32	60	7.4	70	11

Le formule utilizzate sono:

$$Dr(\%) = 21 \text{radq}(Nspt/(s+0.7))$$

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

$$E = 2BNspt$$

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00	Foglio 10 di 21

$E = [(1+\nu)(1-2\nu)M] / (1-\nu)$ con ν = modulo di Poisson

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

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

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

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

(Menzebach e Malcev)

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

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

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

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

Relazioni del DM-7 (Design Manual for Soil Mechanics) o sulla base dei valori delle proprietà indice dei terreni coesivi e della pressione geostatica verticale efficace s'_{vo} e tramite la prova N_{spt}

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).

C_u = coesione non drenata

γ = peso per unità di volume

4.2. Materiale di riporto

Nella tabella sottostante si riportano i valori dei parametri assunti per le varie verifiche e calcoli progettuali:

Litologia	M (MPa)	E (MPa)	γ (kN/m^3)	ϕ (°)	D_r (%)	c (kPa)	c_u (kPa)	CN	N_{spt}	N_{spt} corretto
Materiale di riporto	24	38	20	32	90	0	0	-	19	19

5. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Gli ammassi rocciosi sono stati analizzati tramite la classificazione di Bieniawski (1989) e la resistenza al taglio tramite il criterio di rottura di Hoek-Brown. 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 degli strati.

5.1. Metargilliti

Nella tabella sottostante si riportano i valori dei parametri geotecnici assunti per le varie verifiche e calcoli progettuali:

Litologia	M (MPa) con $\sigma=100$	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)
Strato d'alterazione	2200	25	19	140
Substrato	3000	27.5	24	200

Si trascrivono di seguito i risultati della classificazione di Bieniawski e di Hoek Brown.

5.1.1. Classificazione di Bieniawski e di Hoek Brown

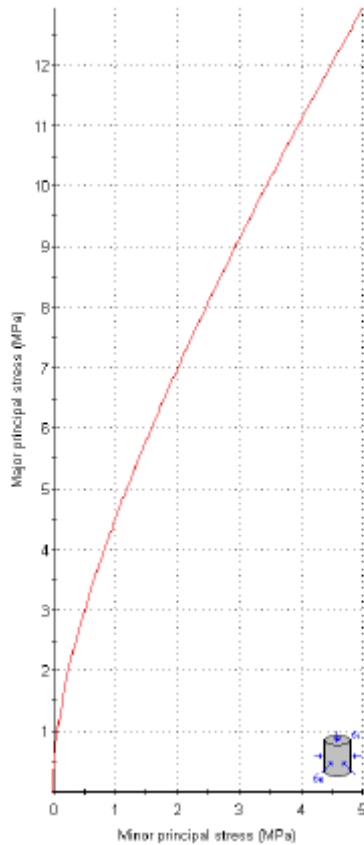
Classificazione di Bieniawski

R1 ---- Resistenza compressione unix	: 20. MPa
R2 ---- RQD	: 30. %
R3 ---- Spaziatura discontinuità	: 0.2 m
R4a --- Lunghezza discontinuità	: 10 - 20 m m
R4b --- Apertura discontinuità	: 0,1 - 1 mm mm
R4c --- Rugosità	: Leggermente rugosa
R4d --- Riempimento	: <5 mm mater. tenero
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	38.3	28.2
Classe	IV	IV
Descrizione	Scadente	Scadente
ϕ (°)	24.2	19.1
c (KPa)	191.67	141
Ed (GPa)	5.11	2.85
Q index	0.533	0.173
RSR index	42.86	36.36

Analysis of Rock Strength using RocLab

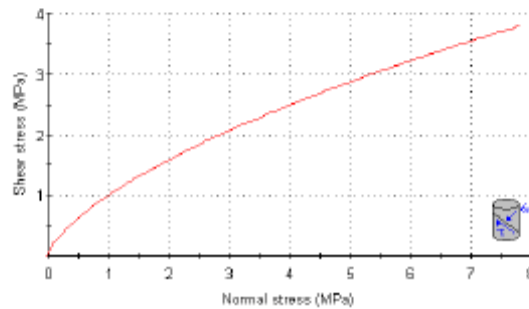


Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 20 MPa
 GSI = 38 mi = 6 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion
 mb = 0.665 s = 0.0010 a = 0.513

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.667 MPa friction angle = 22.93 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.031 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.584 MPa
 global strength = 2.072 MPa
 modulus of deformation = 2241.38 MPa



5.2. Formazione di Mignanego (Cretaceo superiore)

5.2.1. Classificazione di Bieniawski e di Hoek Brown

Classificazione di Bieniawski

R1 ---- Resistenza compressione uniaxiale	: 31 MPa
R2 ---- RQD	: 66.3%
R3 ---- Spaziatura discontinuità	: 0.7 m
R4a --- Lunghezza discontinuità	: > 20 m
R4b --- Apertura discontinuità	: >5 mm
R4c --- Rugosità	: Leggermente rugosa
R4d --- Riempimento	: <5 mm mater. duro
R4e --- Alterazione	: Leggermente alterata
R5 ---- Condizioni idrauliche	: Asciutto
R6 --- Orientamento discontinuità (pendio)	: Favorevole
Stress orizzontale	: 0. MPa
Alterabilità della massa rocciosa	: Media resistenza all'alterazione

Risultato

RMR	base	corretto
Classe	58.8	53.8
	III	III



Descrizione	Discreto	Discreto
φ (°)	34.4	31.9
c (KPa)	293.8	254.86
Ed (GPa)	17.8	7.54
Q index	5.162	2.962
RSR index	55.98	52.77

Criterio di rottura di Hoek-Brown

Hoek Brown Classification

sigci 31 MPa
GSI 54
mi 9
D 0

Hoek Brown Criterion

mb 1.74084
s 0.00602938
a 0.504342

Failure Envelope Range

Application General
sig3max 7.75 MPa

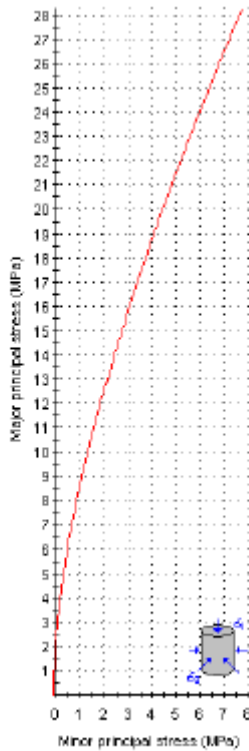
Mohr-Coulomb Fit

c 1.59785 MPa
phi 30.7908 degrees

Rock Mass Parameters

sigt -0.107368 MPa
sigc 2.35429 MPa
sigcm 5.6244 MPa
Em 7009.4 MPa

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

rock uniaxial compressive strength = 31 MPa
 GSI = 54 mi = 9 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

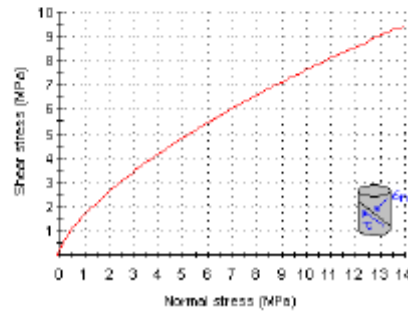
mb = 1.741 s = 0.0080 a = 0.504

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.538 MPa friction angle = 30.79 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 2.354 MPa
 global strength = 5.624 MPa
 modulus of deformation = 7009.40 MPa



5.3. Basalti

Nella tabella sottostante si riportano i valori dei parametri geotecnici assunti per le varie verifiche e calcoli progettuali:

Litologia	M (MPa) con $\sigma=100$	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kPa)
Basalti	7700	28	38	3000

Si trascrivono di seguito i risultati della classificazione di Hoek e Brown:

5.3.1. Classificazione di Hoek Brown

Hoek Brown Classification

sigci 60 MPa
 GSI 50
 mi 25
 D 0

Hoek Brown Criterion

mb 4.19193
 s 0.00386592
 a 0.505734

Failure Envelope Range

Application General

sig3max 15 MPa

Mohr-Coulomb Fit

c 3.93793 MPa
 phi 38.4475 degrees
 Rock Mass Parameters

sigt -0.0553337 MPa
 sigc 3.61363 MPa
 sigcm 16.3093 MPa
 Em 7745.97 Mpa

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 60 MPa
 GSI = 50 mi = 25 Disturbance factor = 0

Hoek-Brown Criterion

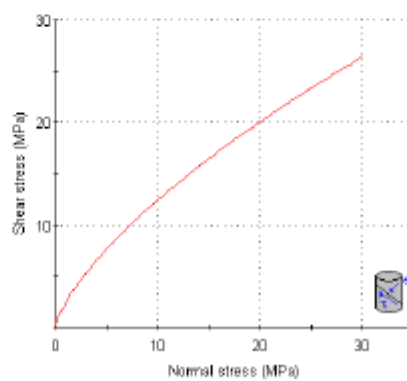
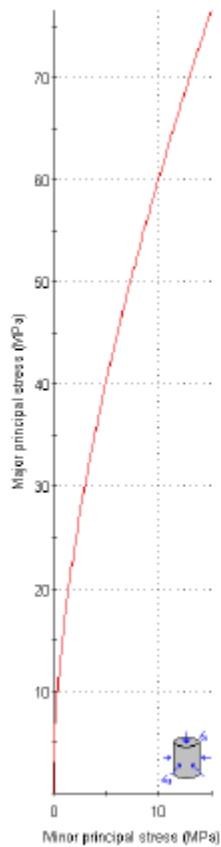
m = 4.192 a = 0.0039 a = 0.506

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 3.938 MPa friction angle = 38.45 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.055 MPa
 uniaxial compressive strength = 3.614 MPa
 global strength = 16.309 MPa
 modulus of deformation = 7745.97 MPa



6. 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 al rilevamento di campagna e ai logs stratigrafici dei sondaggi effettuati per l'adeguamento della S.P. 163 della Castagnola.

Opere	Materiale di riporto						Copertura limo argillosa						Substrato					
	γ^*	ϕ^*	C**	Cu**	M***	Sp.	γ^*	ϕ^*	C**	Cu**	M***	Sp.	Simb.	γ^*	ϕ^*	C**	M***	Sp.
P01							20	27	0.05	0.5	2.5	2	AF	25	19	1.40	2200	3mt.
														27.5	24	2	3000	
M01	20	32	0		24	1	20	27	0.05	0.5	2.5	2	BA	28	38	30	7700	
MP01	20	32	0		24	1	20	27	0.05	0.5	2.5	2	BA	28	38	30	7700	
M02							20	27	0.05	0.5	2.5	2	AF	25	19	1.40	2200	3mt.
														27.5	24	2	3000	
M03							20	27	0.05	0.5	2.5	3	AF	25	19	1.40	2200	3mt.
														27.5	24	2	3000	

*(KN/m3)

**(Kg/cm²)

***(Mpa)

Simbologia: AF= argilliti

BA= Basalti

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51 01 E CV RB NV2200 002 A00
	Foglio 17 di 21

7. PRINCIPALI CRITICITA' LUNGO IL TRACCIATO

Il tracciato si snoda principalmente su suoli argillitici e in minima parte su un substrato basaltico. Le principali criticità sono dovute all'acclività del versante laddove si presenta con copertura detritica sopra degli affioramenti argillitici. I fenomeni che si possono ingenerare sono di tipo gravitativo riconducibili a scorrimento e scivolamento e 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 per scivolamento lungo discontinuità strutturali, quali in particolare il passaggio tra strati e/o giunti in diverse condizioni di conservazione.

Come lineamenti morfologici che interessano il tratto di versante analizzato, oltre a degli indicatori di dissesto, quali trincee o fessurazioni, che comunque non interessano il tracciato, si osserva l'erosione concentrata di fondo del fosso che attraversa il piazzale.

Dallo studio del tracciato, comunque non emergono particolari problematiche geotecniche, che non possano essere superate con opportune scelte progettuali come le opere di sostegno e la riprofilatura del versante. A tal scopo, rimandando alla relazione di calcolo le verifiche strettamente legate alle caratteristiche dell'opera, quali ad esempio, le verifiche al ribaltamento, al scivolamento dei muri, o la portanza dei pali in relazione al carico d'esercizio, si riporta una verifica di stabilità globale del versante effettuata nel tratto a maggior pendenza, corrispondente al muro di sostegno MP01.

7.1. Analisi di stabilità globale del versante – opera MP01

Viene analizzata la stabilità globale del versante interessato dalla realizzazione di un muro di sottoscarpa.

La verifica di stabilità è stata svolta prendendo in considerazione i meccanismi di rottura che le condizioni al contorno evidenziano come più probabili.

Inoltre in zona sismica, l'effetto del terremoto è stato simulato con il metodo pseudo-statico. Per le zone in cui è risultato opportuno realizzare un intervento di bonifica del piano di posa del rilevato, esso è stato preso in conto nell'impostazione del problema. Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto, 1.8 è da considerarsi più che soddisfacente, Essendo l'area in oggetto classificata, secondo le nuove norme per l'individuazione delle zone sismiche, in classe 3, è stato altresì calcolato il coefficiente di sicurezza tenendo conto dell'azione del sisma 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 $a_g = 0.15$. 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:

$$FH=0.5SagW$$

$$FV=1/2 FH$$

essendo FH e FV 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 ottenuto, 1.75, anche in questo caso è da ritenersi più che soddisfacente, visto l'eccezionalità dell'evento.

Nel seguito sono allegati i relativi elaborati di calcolo.



Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Right to Left
 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 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

Loading

1 Distributed Load present:
 Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 20 kN/m
 Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.1125
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.05625



Material Properties

Material: Riporto

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 32 degrees
 Water Surface: None

Material: Coltre

Strength Type: Undrained
 Unsaturated Unit Weight: 20 kN/m³
 Saturated Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion Type: Constant
 Cohesion: 50 kPa
 Water Surface: None

Material: Substrato roccioso

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 28 kN/m³
 Cohesion: 3000 kPa
 Friction Angle: 38 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Cohesion: 3000 kPa
 Friction Angle: 40 degrees
 Water Surface: None

Material: Terreno naturale

Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 25 kPa
 Friction Angle: 27 degrees
 Water Surface: Water Table
 Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.805840
 Center: 12.446, 443.516
 Radius: 13.382
 Left Slip Surface Endpoint: 11.517, 430.166
 Right Slip Surface Endpoint: 23.971, 436.714
 Resisting Moment=9566.61 kN-m
 Driving Moment=5297.59 kN-m

Method: Janbu simplified

FS: 1.782480

Center: 12.446, 443.516

Radius: 13.382

Left Slip Surface Endpoint: 11.517, 430.166

Right Slip Surface Endpoint: 23.971, 436.714

Resisting Horizontal Force=603.786 kN

Driving Horizontal Force=338.734 kN

Method: janbu corrected

FS: 1.883890

Center: 12.446, 443.516

Radius: 13.382

Left Slip Surface Endpoint: 11.517, 430.166

Right Slip Surface Endpoint: 23.971, 436.714

Resisting Horizontal Force=638.137 kN

Driving Horizontal Force=338.734 kN

