

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**

IMBOCCO FINESTRA CRAVASCO

Opere di imbocco

Geologia

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e 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	G A 1 E 0 0	0 0 1	A

Progettazione :								IL PROGETTISTA
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A00	Prima emissione	ROCKSOIL <i>Emilio Maria</i>	23/05/2012	Ing. F. Colla <i>F. Colla</i>	29/05/2012	E. Pagani <i>Eh</i>	31/05/2012	

n. Elab.:	File: IG5101ECVRBGA1E00001A00
-----------	-------------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5101ECVRBGA1E00001A00</p>	<p>Foglio 3 di 14</p>

INDICE

INDICE.....		3
1. PREMESSA		5
2. FASI DELLO STUDIO ED INDAGINI ESEGUITE		6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMECCANICO.....		7
3.1. Caratterizzazione geomeccanica		9
3.2. Caratterizzazione geomeccanica del materiale roccia.....		9
3.3. Caratterizzazione geomeccanica delle discontinuità		10
3.4. Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso		13
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO		14

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG5101ECVRBGA1E00001A00

Foglio
4 di 14

1. PREMESSA

E' importante precisare che, di seguito si riporta quanto descritto in Progetto Definitivo, alla data odierna non sono disponibili nuove indagini e/o rilievi che possano consentire un aggiornamento della caratterizzazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e geotecnica dell'area oggetto degli interventi previsti. In particolare per le caratteristiche e/o problematiche idrogeologiche, occorre fare riferimento ai documenti generali di PD.

L'imbocco della Finestra Cravasco è ubicato sul versante sinistro del Torrente Verde, in corrispondenza di un fronte di cava abbandonata (Figura 1): l'imbocco è previsto a quota circa 292 m s.l.m., in una cava abbandonata, attualmente utilizzata come deposito automezzi per la raccolta dei rifiuti solidi urbani.



Fig. 1a – Area di imbocco della Finestra Cravasco



Fig. 1b – Area di imbocco della Finestra Cravasco

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVRBGA1E00001A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 14</p>

2. FASI DELLO STUDIO ED INDAGINI ESEGUITE

Per la definizione del quadro geologico-geomorfologico è stato eseguito uno studio articolato nelle seguenti fasi:

1. esame della bibliografia esistente;
2. elaborazione delle “schede intervento”, riportate a fine testo;
3. analisi aerofotogrammetrica;
4. rilevamento sul terreno, in scala 1:1.000;
5. elaborazione dei dati raccolti e stesura degli elaborati.

Partendo dagli elaborati del Progetto Preliminare, del Progetto Definitivo e dalla bibliografia geologica-geomorfologica a disposizione sull'area in esame, è stato effettuato uno studio geomorfologico della zona di imbocco mediante interpretazione delle foto aeree.

Successivamente il rilevamento geomorfologico-geomeccanico ha verificato lo studio fotointerpretativo evidenziando le eventuali criticità geomorfologiche.

I dati raccolti sono stati riportati nella carta geologico - geomorfologica della zona d'imbocco, in scala 1:1.500 e nel profilo geologico – geotecnico longitudinale in asse al tracciato della finestra, allegata alla presente relazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBGA1E00001A00	Foglio 7 di 14

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMECCANICO

Dal punto di vista geologico il substrato roccioso affiorante nell'area in esame, è costituito interamente dai litotipi appartenenti alla Formazione delle Dolomie del Monte Gazzo (dG) appartenente all'Unità di Monte Gazzo – Isoverde. Si tratta di dolomie e calcari dolomitici grigi, da microcristallini a saccaroidi, ben stratificati, talora con giunti pelitici centimetrici di colore giallo – verde; possono essere presenti livelli di breccie intraformazionali e rari strati marnosi verso l'alto. E' una formazione a comportamento fragile in cui gli eventi deformativi hanno provocato una intensa fratturazione che in alcuni casi può obliterare la stratificazione.

Negli affioramenti esaminati è ben visibile la stratificazione, caratterizzata da inclinazione variabile tra 40° e 70° diretta verso sud-est (crf. Fig. 2). La presenza di un elevato numero di fratture e di faglie testimonia il comportamento fragile di queste rocce.

In Fig. 2 sono indicati i principali sistemi di giunti rilevati nella parete sud della cava.

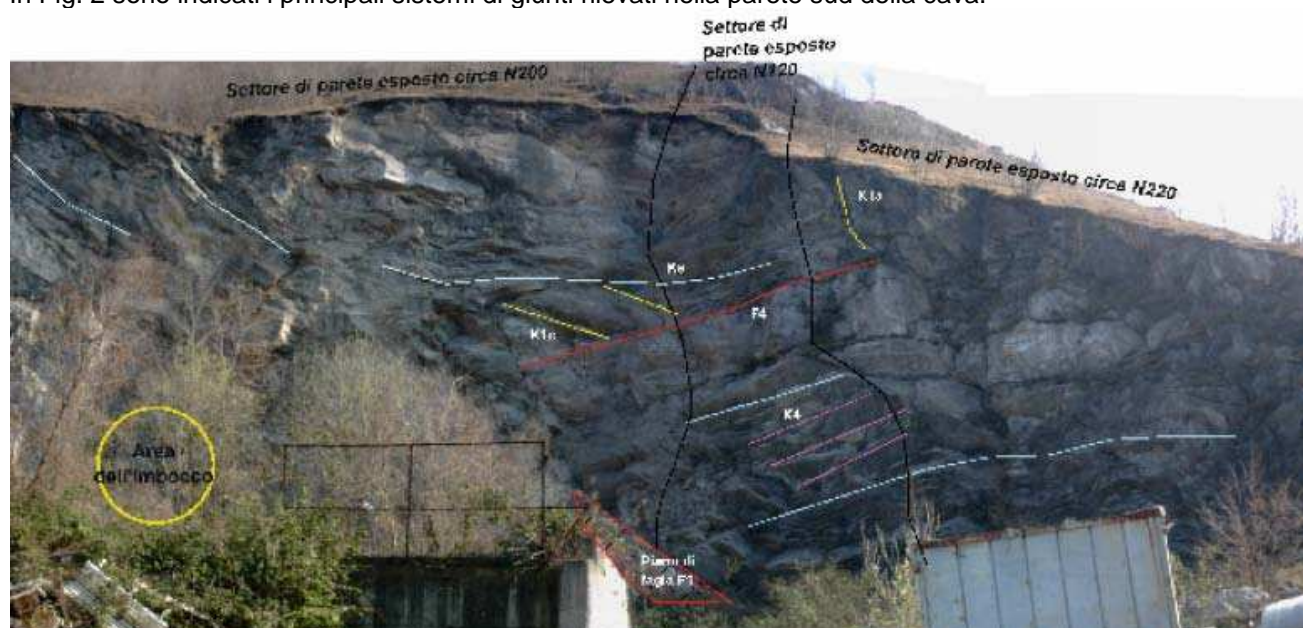


Fig. 2 – Panoramica della zona dell'imbocco della "Finestra Cravasco", con indicati i principali sistemi di giunti (crf. Fig. 3). Sono inoltre riportate le direzioni dei settori della parete di cava.

Durante il rilevamento sono stati individuati quattro sistemi di giunti i cui dati, riportati in Fig. 4, hanno permesso la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso. Il rilevamento ha portato inoltre al riconoscimento di un sistema di faglie sub-verticali ad andamento circa Nord-Sud (indicate con F1, F2 e F3 in Fig. 4); a queste faglie è associato un sistema di giunti sub-paralleli, indicato con K1 (K1a, K1b e K1c).



Fig. 3: superficie di faglia affiorante in corrispondenza di un piccolo conoide formato da un accumulo di un fenomeno di crollo.

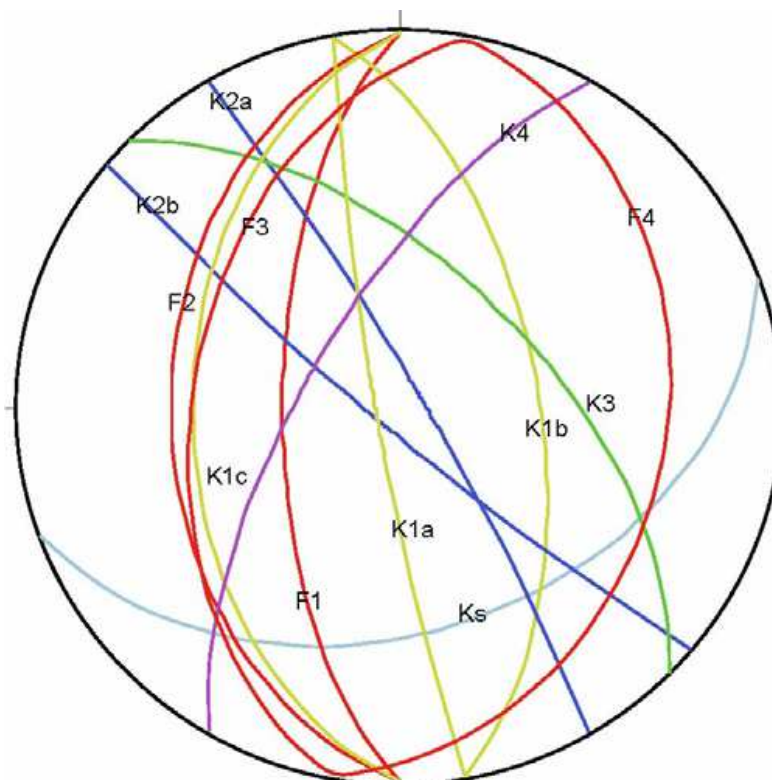


Fig. 4: Proiezione stereografica (Reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) dei dati strutturali rilevati nelle Dolomie del Monte Gazzo in corrispondenza dell'imbocco della Finestra Cravasco

Il rilievo strutturale eseguito nella zona di imbocco ha consentito di definire le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti nell'area di imbocco. I risultati sono riportati in tabella.

SFT	DIP_DIR	DIP	JRC	SPAZIATURA (m)	APERTURA (mm)	RIEMPIMENTO	ALTERAZIONE
K1a	260	85	8	5.00	10	traccia	no
K1b	80	60	6	0.30	0.10	no	no
K1c	270	45	10	0.50	-	no	no
K2a	60	85	10	7.00	0.10	traccia	no
K2b	220	85	10	7.00	0.10	traccia	no
K3	45	60	7	10.0	-	traccia	no
K4	300	70	14	0.40	1.0	no	no
K5	160	40	10	0.50	0.20	no	no
F1	270	65	8	6.00	0.10	traccia	no
F2	270	40	7	12.00	-	traccia	no
F3	280	45	6	5.00	15.0	traccia	no

I dati strutturali rilevati nella zona di imbocco hanno evidenziato che le discontinuità hanno spaziatura comprese tra 50 a 120 cm, L'RQD è pertanto molto variabile, da scadente ad eccellente.

3.1. Caratterizzazione geomeccanica

La caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso è finalizzata alla comprensione dei cinematismi di rottura che possono avvenire all'interno dell'ammasso, ed alla quantificazione dei parametri che governano tali cinematismi, cioè le caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale roccia, dei giunti e dell'ammasso roccioso. Le proprietà meccaniche del materiale intatto che normalmente sono definite direttamente tramite prove di laboratorio, per questo caso specifico sono state ricavate dalle prove eseguite nel corso di due sondaggi eseguiti per il Progetto, da dati di letteratura e dati ottenuti dalle esperienze maturate sugli stessi litotipi.

Le proprietà meccaniche delle discontinuità, in assenza di prove di taglio, vengono ricavate indirettamente tramite il rilievo in sito dalle caratteristiche geometriche e di resistenza delle superfici e la successiva applicazione di criteri empirici di rottura. Il rilievo geostrutturale dà inoltre informazioni essenziali per comprendere i meccanismi di scivolamento e ribaltamento di blocchi e cunei, che nel caso di scavi in roccia superficiali rappresentano la tipologia classica di dissesto.

La caratterizzazione d'ammasso costituisce la sintesi dei passi precedenti. La resistenza del materiale roccia e la classificazione geomeccanica dell'ammasso concorrono nel definire le caratteristiche di resistenza e deformabilità d'ammasso, calcolate in base alle correlazioni proposte in letteratura.

Lo studio e l'interpretazione di questi dati hanno consentito di definire la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso interessato dagli scavi. La caratterizzazione geomeccanica è stata eseguita con la metodologia Geomechanics Classification – Geological Strength Index correlando il valore atteso dell'indice RMR con l'indice GSI. La caratterizzazione della resistenza è stata effettuata sulla base dei risultati delle prove eseguite in situ ed in laboratorio; i risultati ottenuti sono stati interpretati secondo il criterio di rottura di Hoek & Brown e l'utilizzo di correlazioni empiriche.

Di seguito si riportano, sinteticamente, i risultati ottenuti in termini di parametrizzazione geomeccanica sulla base dell'interpretazione delle analisi svolte.

3.2. Caratterizzazione geomeccanica del materiale roccia

Campioni di roccia estratti dal carotaggio eseguito per il Progetto Preliminare sono stati prelevati e sottoposti ad una serie di prove meccaniche di laboratorio al fine di determinare i parametri geomeccanici del materiale integro.

Di seguito viene riportata una sintesi dei dati:

Valori medi e deviazione standard dei risultati di laboratorio.

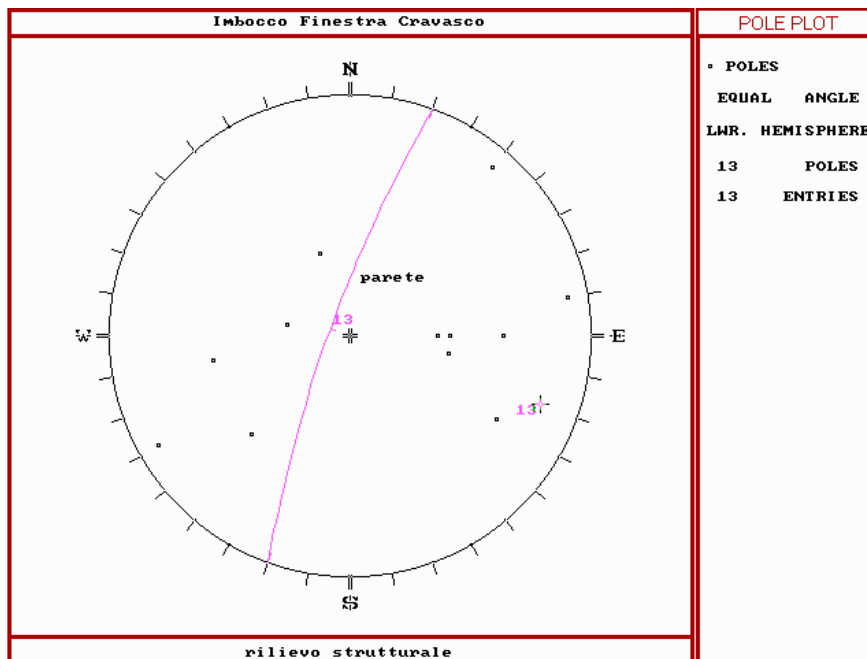
	P. di vol. roccia (kN/m3)	Velocità soniche (m/s)	M.Young tangente (MPa)	spicco (MPa)	strazione (MPa)
Media	27.33	4306	-	53.70	-
St. Dev.	0.46	719	-	12.30	-

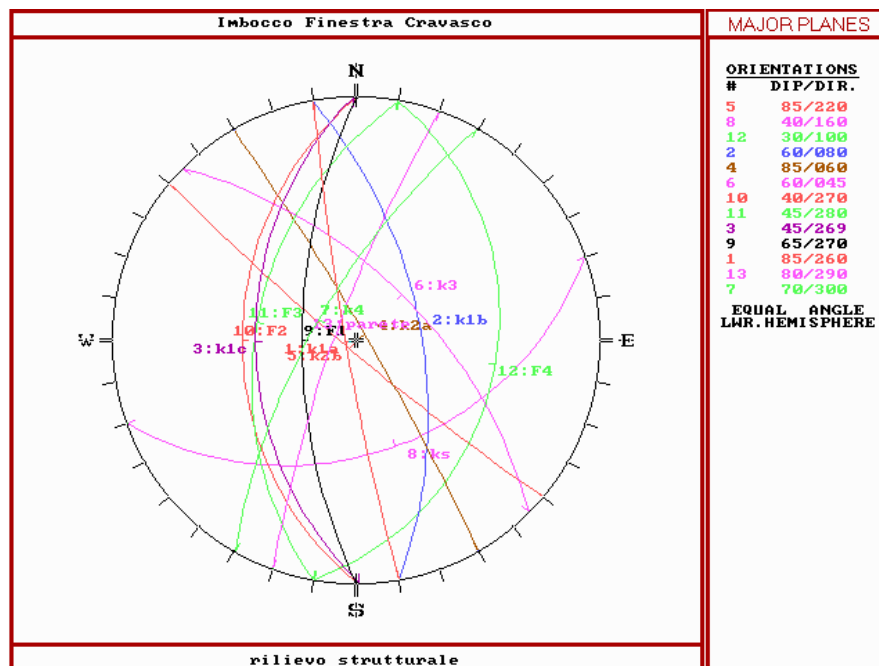
Le prove di compressione monoassiale hanno dato valori medi pari a 53 - 54 MPa. In base a questi valori le rocce si collocano al limite tra il campo delle rocce a bassa ed a media resistenza (Deere & Miller, 1966).

3.3. Caratterizzazione geomeccanica delle discontinuità

Il rilievo geostrutturale eseguito ha rilevato un elevato grado di fratturazione dell'ammasso roccioso, con la presenza di quattro sistemi principali di giunti, oltre alla superficie di stratificazione: K1 (a, b e c), K2 (a e b), K3, K4, KS.

Di seguito si riportano gli stereogrammi rappresentanti la dispersione spaziale dell'orientazione delle cinque famiglie principali identificate oltre a quattro faglie principali (K1, K2, K3, K4 e KS, F1, F2, F3, F4).





La tabella riporta i valori medi delle caratteristiche principali delle discontinuità (dipdir, dip, spaziatura, scabrezza, apertura, riempimento ed alterazione). Le discontinuità osservate presentano valori di spaziatura medi di circa 0.70 – 0.80 m e sono caratterizzate da una buona persistenza lineare. In relazione al detensionamento superficiale dell'ammasso, le discontinuità si presentano generalmente chiuse od aperte (0 ÷ 0.5 mm), prive di materiale di riempimento e non alterate. Le superfici di discontinuità sono prevalentemente planari o poco ondulate, localmente rugose e/o segmentate.

SET	DIP_DIR	DIP	JRC	SPAZIATURA (m)	APERTURA (mm)	RIEMPIMENTO	ALTERAZIONE
K1a	260	85	8	5.00	10	breccia	no
K1b	80	60	6	0.30	0.10	no	no
K1c	270	45	10	0.50	-	no	no
K2a	60	85	10	7.00	0.10	breccia	no
K2b	220	85	10	7.00	0.10	breccia	no
K3	45	60	7	10.0	-	breccia	no
K4	300	70	14	0.40	1.0	no	no
K5	160	40	10	0.50	0.20	no	no
F1	270	65	8	6.00	0.10	breccia	no
F2	270	40	7	12.00	-	breccia	no
F3	280	45	6	5.00	15.0	breccia	no

Per lo studio geomeccanico di un ammasso roccioso caratterizzato da uno o più sistemi di discontinuità, assume fondamentale importanza la conoscenza delle proprietà geomeccaniche intrinseche dei giunti presenti ed i possibili meccanismi che possono innescarsi a seguito dello scavo. Le proprietà micromeccaniche delle superfici dei giunti, secondo le ricerche eseguite e disponibili in letteratura, dipendono dalle diverse caratteristiche fisiche delle superfici di discontinuità, quali scabrezza, resistenza a compressione della parete del giunto, estensione della superficie di discontinuità. La conoscenza di questi parametri permette di valutare l'andamento della curva sforzi-spostamenti tangenziali e sforzi-spostamenti normali.

La determinazione delle caratteristiche meccaniche delle varie famiglie di discontinuità è stata ottenuta considerando il criterio di rottura di Barton in base al quale è possibile ricavare l'angolo di attrito del giunto secondo la seguente relazione:

$$\varphi = \left[\varphi_b + JRC \cdot \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right]$$

dove:

ϕ_b = angolo di attrito di base del giunto

JRC = coefficiente di scabrezza del giunto

JCS = resistenza a compressione del giunto

σ_n = tensione efficace normale al giunto

Per il calcolo delle resistenze al taglio di picco, è stato predisposto un foglio di calcolo che implementa l'equazione proposta a vari livelli di sollecitazione normale al giunto. Introducendo i valori delle caratteristiche del giunto (angolo di attrito di base, resistenza a compressione e rugosità), e il valore dello sforzo efficace normale ad esso, si ottiene la curva limite di rottura nel piano σ - τ . E' possibile ricavare la resistenza al taglio in termini di coesione istantanea ed angolo d'attrito istantaneo secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, tracciando la tangente alla curva in corrispondenza della tensione normale di interesse. Quest'ultima è stata ricavata in base al carico litostatico ed all'inclinazione del giunto considerando la geometria della verifica di stabilità impostata: il valore inserito è stato calcolato considerando la tensione normale prodotta da un carico litostatico di 50 metri (altezza massima della parte superiore della parete rocciosa) con un peso di volume pari a 27 kN/m³. In funzione dell'orientazione spaziale delle discontinuità, si ottiene una σ_n pari a circa 1.35 MPa per le superfici di discontinuità KS e K3, all'incirca suborizzontali, e di circa 0.6 – 0.7 MPa per i sistemi di discontinuità subverticali.

La seguente tabella riassume le caratteristiche geometriche delle discontinuità e i parametri di resistenza al taglio di picco secondo Barton e Mohr-Coulomb per i set di discontinuità presenti.

Parametro	K1	K2	K3	K4	KS
Giacitura	45-85/080-270	85/060-220	45/060	70/300	40/160
Spaziatura media (cm)	50	700	1000	40	50
JCS (MPa)	24 (stimato)	24 (stimato)	24 (stimato)	24 (stimato)	24 (stimato)
JRC	8	10	7	14	10
ϕ_b (°)	23 (stimato)	23 (stimato)	23 (stimato)	23 (stimato)	23 (stimato)
σ_n (MPa)	0.7	0.7	1.35	0.7	1.35

Barton

ϕ_{picco} (°)	Circa 35	Circa 38	Circa 31-32	Circa 44	Circa 35-36
--------------------	----------	----------	-------------	----------	-------------

Mohr-Coulomb

$\varphi_{\text{picco}} (^{\circ})$	Circa 31-32	Circa 33-34	Circa 28-29	Circa 37-38	Circa 30-31
coesione di picco (kPa)	Circa 64	Circa 86	Circa 99	Circa 146	Circa 156

3.4. Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

Le caratteristiche meccaniche dell'ammasso sono state determinate applicando la classificazione geomeccanica di Bieniawski all'ammasso roccioso e correlando successivamente il valore RMR corretto con l'indice GSI; si determinano quindi i parametri di resistenza d'ammasso secondo i criteri di rottura di Hoek-Brown e Mohr-Coulomb e di deformabilità secondo Seraphim-Pereira.

Il rilievo eseguito in corrispondenza della parete di imbocco ha permesso di definire la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski e la determinazione del seguente range di valori di GSI: $37 \div 56$.

Per il materiale roccia sono stati introdotti i seguenti valori delle costanti m_i e σ_c :

$$m_i = 8.4 \text{ (da letteratura)}$$

$$\sigma_c = 53.7 \pm \text{MPa}$$

Di seguito si riportano i valori di resistenza e deformabilità ottenuti:

Litotipo	Peso di volume $\gamma (\text{kN/m}^3)$	Coesione $c' (\text{MPa})$	Angolo di attrito $\varphi (^{\circ})$	Modulo def. $E (\text{GPa})$	ν -
Dolomia massiva	27	0.53-1.45	38-46	9.0-11.3	0.25
Dolomia mediamente fratturata	27	0.3-1.24	35-45	4.9-6.0	0.25-0.30
Dolomia molto fratturata	27	0.23-1.0	33-42	3.1-3.9	0.30

I valori dei parametri tengono conto delle condizioni specifiche dell'ammasso in condizioni di roccia affiorante, in quanto il rilievo geostrutturale è stato eseguito in superficie, dove l'ammasso si presenta con fratture localmente aperte.

E' da notare che in corrispondenza della zona di imbocco è presente un ammasso soggetto alle azioni disgreganti dei processi di alterazione superficiale, per tenere conto di questo fenomeno si è prevista una diminuzione dei valori massimi corrispondenti a questo gruppo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRBGA1E00001A00	Foglio 14 di 14

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il nuovo imbocco della Finestra Cravasco è ubicato in corrispondenza di una cava abbandonata il cui fronte, sub-verticale, è alto circa 50 m per una larghezza complessiva di circa 250 m (crf. Fig. 5). Al piede del fronte di cava è presente un accumulo di materiale di riporto, disposto in un terrazzo che separa il piazzale di cava su due livelli. La scarpata del terrazzo è parzialmente occupata, nel settore più meridionale della cava, da rada vegetazione arbustiva ed arborea. Lungo il ciglio del fronte di cava, a sud della zona dell'imbocco, è riconoscibile una nicchia di distacco di un crollo recente, il cui accumulo ha formato un piccolo conoide di detrito ai piedi del fronte di cava. Sono visibili altre due nicchie riconducibili a fenomeni di crollo, riportate nella carta geomorfologica: si tratta di due crolli meno recenti e di dimensioni decisamente inferiori rispetto al primo, i cui accumuli sono stati asportati.

In generale lungo tutto il fronte di cava sono osservabili alcuni massi instabili, di dimensione media intorno ai 3-5 m³.

Nell'area di cava e nel versante immediatamente a monte della stessa non sono stati osservati impluvi che possano concentrare le acque di ruscellamento del versante verso il ciglio della cava: tuttavia si consiglia di realizzare interventi di regimazione che allontanino dall'area dell'imbocco e dal cantiere le acque provenienti dal versante durante gli eventi pluviometrici.

La differenza di quota tra il piazzale di cava e l'alveo del Torrente Verde (circa 50 m) esclude la possibilità di fenomeni di allagamento da parte delle acque del torrente durante eventi di piena anche eccezionali.



Fig. 5: Panoramica dell'area di cava