



FRANA DI MURIALDO (SAVONA)

LAVORI:

S.P. N. 51 "Bormida di Millesimo" - Interventi finalizzati alla mitigazione del rischio attivo e al ripristino della transitabilità sulla viabilità provinciale in località Isolagrande nel Comune di Murialdo (SV)

NATURA PRESTAZIONE:

studio geologico per Studio di fattibilità e progetto preliminare, studio geologico e geotecnico comprensivo di indagini in sito e in laboratorio, modellazione alle differenze finite ed analisi di stabilità, dimensionamento ancoraggi.

COMMITTENTE:

Provincia di Savona

DATA:

2012



Il versante franato

Premessa

In data 24 dicembre 2010 si verificò un fenomeno franoso lungo il versante a monte della SP 51 "Bormida di Millesimo", in prossimità della progressiva chilometrica 14+900, fra le località di Valle e Isolagrande nel Comune di Murialdo. Il materiale litoide e terroso mobilitatosi durante il movimento gravitativo invase completamente la carreggiata interrompendo il traffico veicolare.



In relazione all'imponente volumetria del materiale franato e delle manifeste condizioni d'instabilità residua del versante, la viabilità fu chiusa, scegliendo, in prima istanza, di non rimuovere il materiale franato per ragioni sicurezza.

Successivamente, e in particolare in data 17 gennaio 2011, si verificò un ulteriore dissesto che ha coinvolto il crollo di una porzione del muro di sottoscarpa, di una parte della sede stradale nonché della porzione del corpo di frana a essa sovrastante.



Il crollo del muro di sottoscarpa

Nella fase successiva agli eventi descritti, S.G.G. aveva effettuato alcune attività di studio preliminari ovvero un rilievo topografico di dettaglio, un rilevamento geologico di superficie, l'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo, due stese sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica e due misure inclinometriche, una di zero e una d'esercizio lungo la verticale di sondaggio attrezzata.

L'insieme di queste attività aveva consentito una prima definizione di un modello geologico nonché l'esecuzione di verifiche di stabilità, in relazione alle quali si rese possibile un'ipotesi di consolidamento e di sistemazione idrogeologica del versante e di ripristino della viabilità oggetto di uno studio di fattibilità redatto dalla scrivente Società.

E' stato poi realizzato un nuovo rilievo topografico in relazione alla variazione dello stato dei luoghi dovuto a un alleggerimento del corpo di frana, che presentava ancora importanti volumetrie ancora "appese", effettuato dalla Provincia di Savona per la costruzione di una variante provvisoria.

Nelle successive fasi progettuali sono stati eseguiti n. 6 sondaggi a distruzione di nucleo, di cui n. 2 verticali lungo la sede stradale, n. 1 verticale a monte del ciglio di frana, all'interno del quale è stata effettuata una prova *down-hole* e n. 3 inclinati a metà versante. All'interno di ciascuno dei due sondaggi inclinati è stata posta in opera un'armatura metallica adeguatamente cementata,

sottoposta poi a prove di sfilamento. Infine, sono state eseguite prove di laboratorio su campioni di roccia nonché una seconda misura di esercizio dell'inclinometro posizionato a monte della zona di distacco.



Il versante franato dopo i lavori di somma urgenza

Inquadramento geologico e geomorfologico

Il versante in esame è ubicato in sponda orografica destra del Fiume Bormida di Millesimo fra le anse morfologiche di Isolagrande e Valle-Brigneta. Il profilo del versante destro è caratterizzato, nel settore interessato dall'evento franoso, da acclività elevate in relazione alla presenza diffusa del substrato roccioso affiorante che dà origine a pendenze superiori al 100%.

L'area in frana è compresa fra le quote altimetriche di 557 (alveo) e 620 *m slmm* circa.

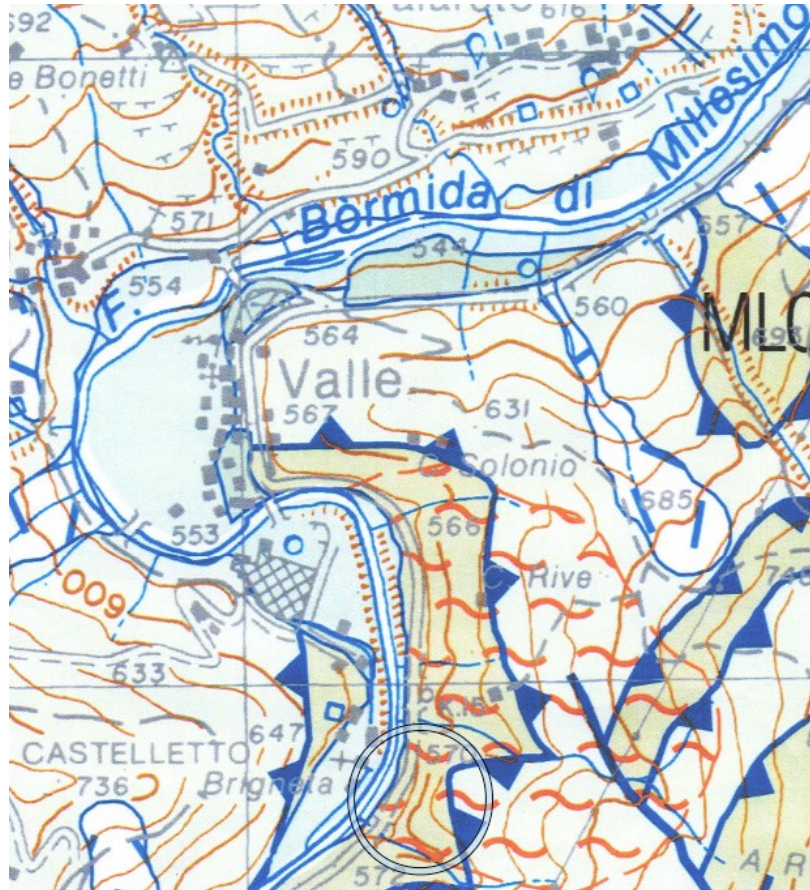
In questo settore del bacino, mentre la cartografia del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) non riporta la presenza di alcun fenomeno di dissesto la carta geologica CARG in scala 1:50.000 (Foglio 228 *Cairo Montenotte*) riporta una *deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV)* di grandi dimensioni che avrebbe inizio lato Millesimo di fronte all'abitato di località Valle fino a spingersi oltre località Brigneta (sponda opposta) e si estenderebbe a monte nella zona di culminazione al di sopra della quota di 720 *m slmm*.

Le indagini eseguite consentono, tuttavia, di prevedere una delimitazione più ristretta della *DGPV*, in ragione di ampie aree di affioramento del basamento roccioso in continuità strutturale, potendosi ipotizzare che l'area interessata dal fenomeno franoso in esame si trovi presumibilmente fuori della deformazione profonda.

Dal punto di vista litologico l'area è interessata dai litotipi ascrivibili alla formazione delle *Metarioliti di Case Lisetto*, che rappresentano le manifestazioni precoci dell'attività vulcanica avvenuta in

periodo tardo-ercinico e sono costituite da ignimbriti riolitiche-dacitiche di colore verdastro a cui si alternano scisti quarzoso sericitico cloritici. Le ignimbriti sono generalmente caratterizzate da fenoclasti centimetrici di *k-feldspato* e di quarzo in percentuali variabili.

A quote approssimabili intorno a 620-630 m slmm tali litotipi risultano sovrascorsi da rocce metamorfiche riferibili alla *Formazione di Murialdo*, costituita da metasedimenti quali quarzoscisti, scisti quarzoso micaceo cloritici e filladi grafitiche nerastre ricche di vene di quarzo ripiegate.



Stralcio Carta Geologica 1:50.000 – Foglio 228 Cairo Montenotte (CARG)

Le metarioliti nell'area in esame risultano da affioranti a subaffioranti, talora coperte da una coltre di copertura di spessore generalmente inferiore a 2 m di spessore. Entrambi i terreni descritti sono caratterizzati da strutture plicative e laminate con diffusa fratturazione secondaria; quest'ultima veicola la circolazione delle acque d'infiltrazione come evidenziato dalla presenza di umidità in alcune porzioni delle scarpate in roccia affiorante.

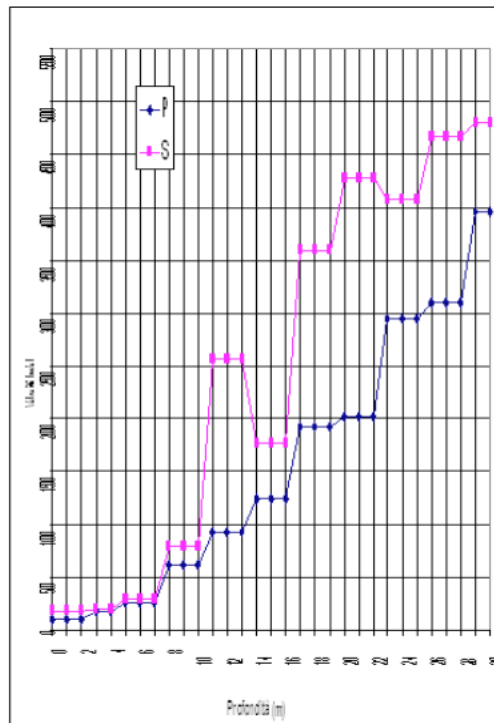
Le indagini e la parametrizzazione geotecnica

Come accennato, oltre all'esecuzione di due rilievi geostrukturali in parete e tenendo conto delle indagini già effettuate in fase preliminare (un sondaggio attrezzato con tubo inclinometrico e due sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica) eseguite nella parte alta del versante, in fase di progettazione definitiva sono stati realizzati n. 6 sondaggi a distruzione di nucleo di cui uno profondo a monte del ciglio di frana, due lungo la sede stradale e n. 3 in parete con tecniche alpinistiche.



I sondaggi in parete

All'interno del sondaggio profondo è stata effettuata una prova sismica in foro *down-hole*.



Prova *down-hole* SV3, andamento velocità onde P ed S



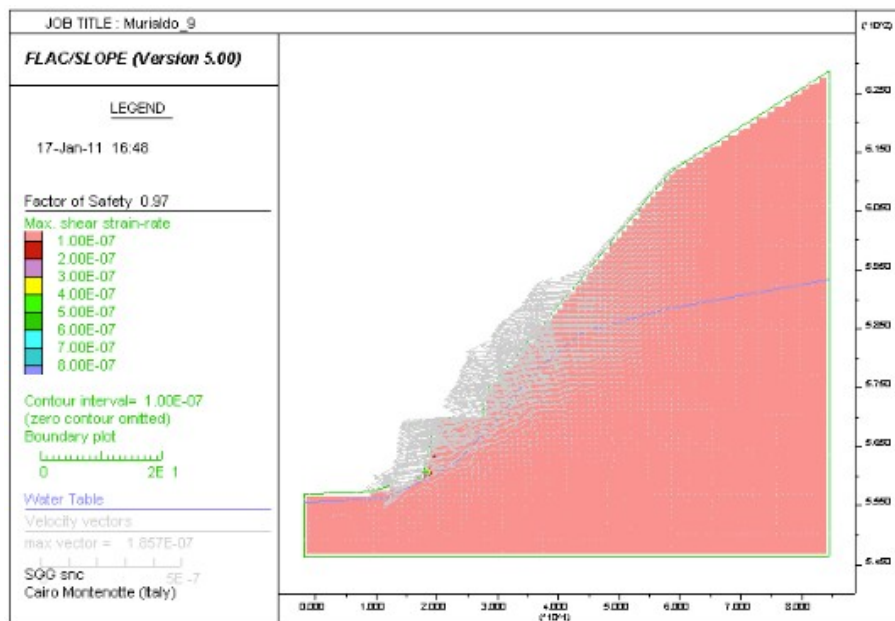
Allo scopo di approfondire la conoscenza riguardo alla caratteristiche geotecniche del substrato roccioso, sono stati prelevati lungo il versante franato alcuni blocchi di roccia sottoposti a prove geotecniche di laboratorio.

Numero campione	Prova compressione monoassiale		Peso di volume γ (kN/m^3)	Velocità sonica onde compressione (m/s) Modulo Young-E (MPa)	Velocità sonica onde-taglio Modulo di taglio-G (MPa)	Prova di taglio				
	σ_c (MPa)	Coeff. Poisson ν				Φ_{picco} ($^\circ$)	Φ_{res} ($^\circ$)	c_{picco} (kPa)	c_{res} (kPa)	JRC
C01-1	-	-	-	-	-					2-4
C01-2	-	-	-	-	-	36	34	294	0,00	8-10
C01-3	-	-	-	-	-					6-8
C03	49,07		-	-	-	-				
C04	63,17	0,15	25,96	4.652 54.136	2.978 23.484	-				

Risultati delle prove di laboratorio

Le analisi numeriche, effettuate utilizzando il codice alla differenze finite *F.L.A.C. Slope 5.0 (Fast Lagrangian Analysis of Continua)*, hanno permesso di verificare i parametri geotecniche alle condizioni dell'equilibrio di rottura, potendosi determinare la resistenza al taglio lungo il pendio all'innescarsi dei movimenti di scivolamento rilevati sulle frane successive al crollo iniziale.

Trattandosi di un meccanismo di rottura in roccia si analizzano i dati estrapolati per l'ammasso costituito da metarioliti e scisti filladici che può suddividersi grossolanamente in due livelli: ammasso roccioso alterato e fratturato, ammasso roccioso sano a diverso grado di fratturazione e tettonizzazione.



Fenomeni di collasso per valori di coesione inferiori a 50 (kPa)



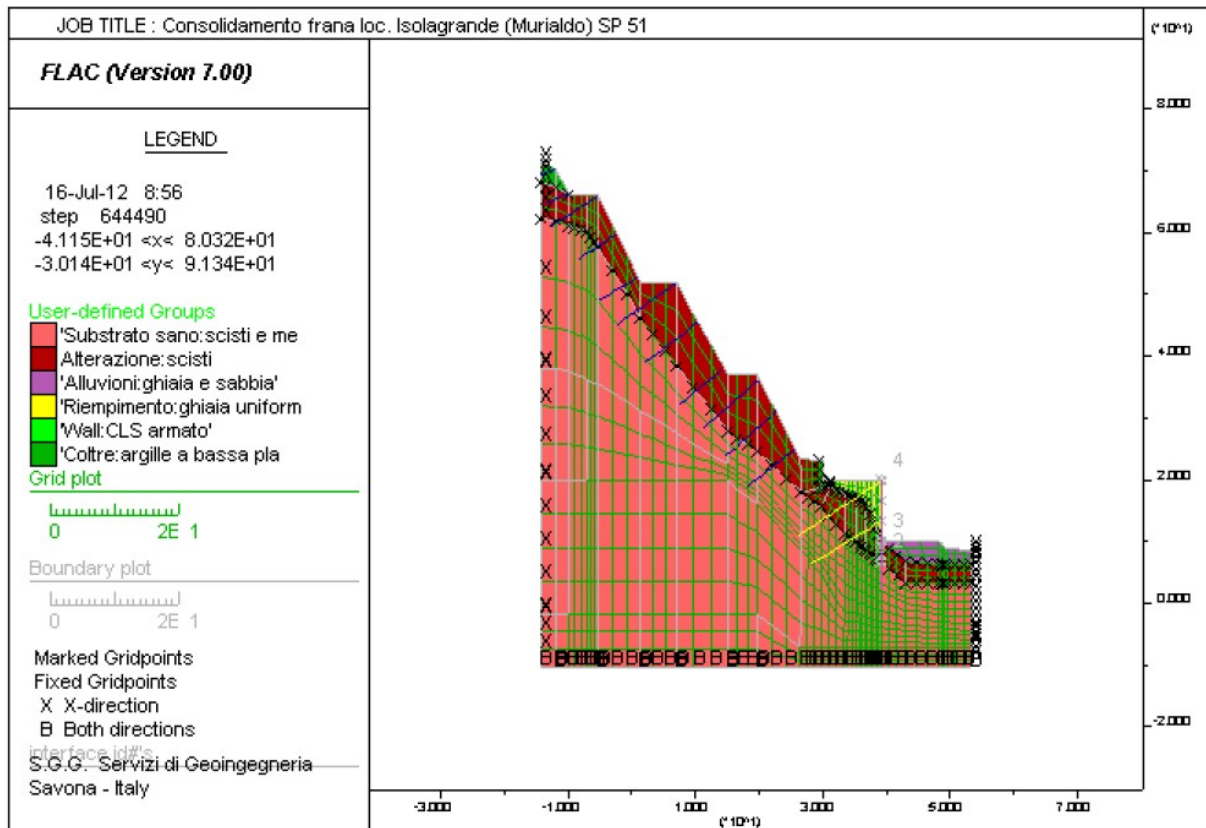
Nel seguito sono indicati i parametri geotecnici di riferimento desunti direttamente o indirettamente con i metodi precedentemente descritti.

Terreno	Peso di volume (kN/m ³)	Angolo di attrito caratteristico (°)	Coesione caratteristica c' (kPa)
Coltre detritica	20	30	10
Riporti a tergo paratia	20	35	0
Depositi alluvionali	18	33	0
Roccia alterata	26	30	50
Roccia sana	28	34	200

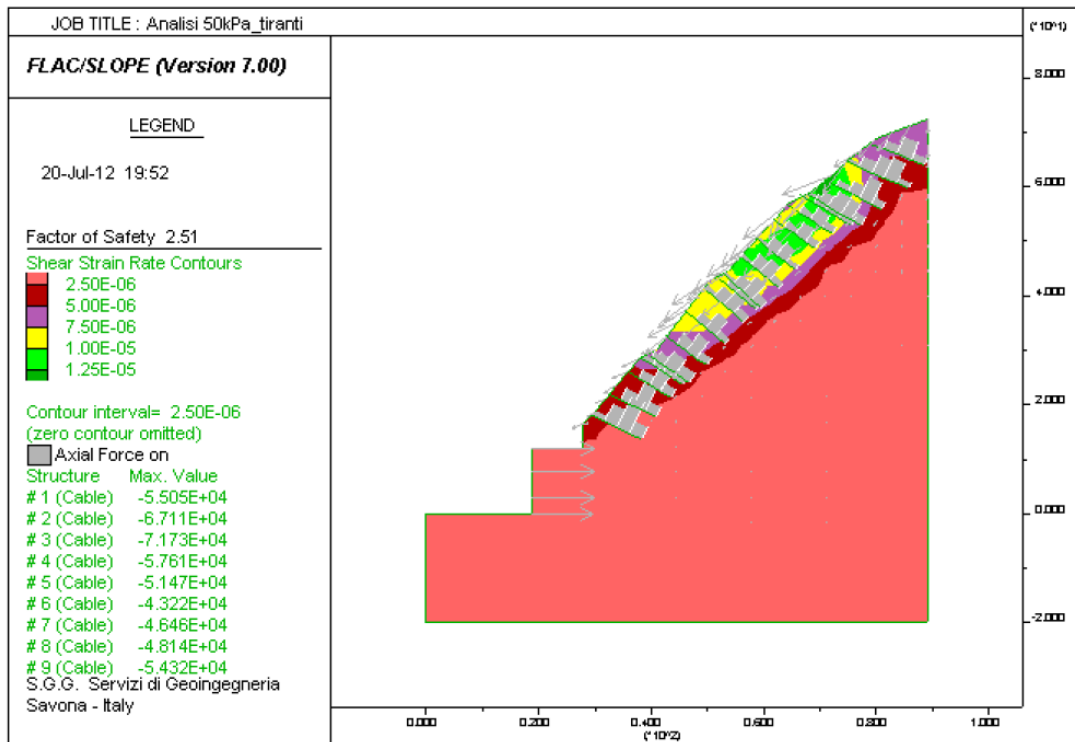
Parametri geotecnici di riferimento

Analisi di stabilità e conclusioni

Le verifiche di stabilità eseguite e discusse in sede di Relazione geotecnica, hanno confermato la possibilità di ripristinare adeguate condizioni di sicurezza lungo il pendio mediante un intervento di gradonatura con formazione di ancoraggi profondi ai quali rendere solidale un rivestimento delle pareti con reti metalliche. La maglia di ancoraggi risultata dalle verifiche è di 3 x 4 m, mentre la loro lunghezza di fondazione è risultata non inferiore a 7,00 m all'interno del substrato roccioso sano.



Modello geotecnico con opere di sistemazione



Meccanismi di rottura, sollecitazione ancoraggi e Fs con coesione roccia alterata pari 50 kPa

Per una sistemazione idrogeologica è stata prevista una rete di canalizzazioni di gronda a partire dalla porzione sommitale del versante e lungo le tre gradonature ipotizzate, convogliando le acque nel latitante Rio Rocca. A completamento delle opere di drenaggio, sono stati previsti dreni suborizzontali da realizzare lungo le pareti riprofilate.

Nella parte bassa del versante si è indicata la necessità di un ripristino del rilevato stradale e della formazione di una paratia berlinese con pali trivellati, la formazione di un cordolo testa-pali tirantato.

Infine, è stata indicata la necessità di un controllo nel tempo (almeno per un anno dopo il completamento dei lavori) della stabilità delle pareti a monte delle gradonature mediante misure topografiche o estensimetri a filo (o barra) nonché il controllo della tensione di alcuni ancoraggi mediante celle di pressione, utilizzando unità di acquisizione remota.