



COMUNE DI VALLI DEL PASUBIO

PROVINCIA DI VICENZA

Intervento di ripristino di movimenti franosi che interessano strade comunali- 2° Lotto

**RICOSTRUZIONE DELLA SCARPATA A VALLE PER RIPRISTINARE LA
STRADA DI COLLEGAMENTO DEL QUARTIERE ZAVINO DOPO SORGATI
Codice 1360**

PROGETTO ESECUTIVO



REDAZIONE

PROGETTISTA:

**Ing. Roggia Flavio
Via Tezze, 12 MOLVENA (VI)
tel. 0424 471739 fax 0424 476602**

**IL RESPONSABILE STRUTTURA TECNICA:
Geom. De Moro Ilario**

**IL RESPONSABILE UNICO del PROCEDIMENTO:
Ing. Fichera Giovanni**

R2

RELAZIONE DI CALCOLO

Sommario

1	Premessa	2
2	Normativa tecnica di riferimento	2
3	Caratteristiche dei materiali	3
3.1	Calcestruzzo	3
3.1.1	Acciaio	4
4	Descrizione del codice di calcolo impiegato	5
4.1	Analisi di stabilità	5
4.2	Parametri geotecnici	5
4.3	Caratteristiche delle sollecitazioni	6
4.3.1	Accelerazione sismica dei luoghi	6
4.3.2	Sovraccarichi	7
5	Analisi di stabilità	8
5.1	Località "Zavino dopo Sorgati" - tratto a Ovest	9
5.2	Località "Zavino dopo Sorgato" – tratto a Est	10

1 Premessa

Nella presente relazione sono riportati i calcoli delle strutture di sostegno previste nell'ambito dei "Lavori di ripristino di movimenti franosi che interessano strade comunali 2° LOTTO relativi alla **Ricostruzione della scarpata a valle per ripristinare la strada di collegamento del quartiere Zavino dopo Sorgati** in Comune di Valli del Pasubio, svolti secondo quanto previsto dalle vigenti normative in materia.

I dati geologici e geotecnici di riferimento sono assunti dalla Relazione Geologica e Geotecnica, redatta dal dott. geologo Andrea Massagrande.

2 Normativa tecnica di riferimento

- D.M. 14.01.2008, "Norme tecniche per le costruzioni", G.U. n. 29 del 04.02.2008 suppl. ord. N. 30.
- Circolare – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, G.U n. 47 del 26.02.2009 di approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

3 Caratteristiche dei materiali

Vengono di seguito riportate le caratteristiche dei materiali considerate nei calcoli di progetto delle opere di sostegno delle terre.

3.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione dell'opera dovrà essere costituito da cementi del tipo:

- CEM I: Portland;
- CEM II: Portland composito;
- CEM III: Altoforno;
- CEM IV: Pozzolánico;
- CEM V: Composito.

Per la definizione del mix design del calcestruzzo si rimanda alle specifiche del produttore del calcestruzzo.

Nella seguente Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche del calcestruzzo impiegato e le caratteristiche di resistenza dello stesso.

Tipo di Cemento:	CEM II/A e II/B, IV	
Classe di Resistenza R_{ck} :	$\geq 35 \text{ N/mm}^2$ (C30/37)	
Massima dimensione dell'aggregato:	32 mm	
Massimo rapporto acqua/cemento:	0.55	
Minimo contenuto di cemento:	350 kg/m ³	
Classe di consistenza (SLUMP):	S4	
Copriferro per diaframmi (all'estradosso del diametro della barra) minimo:	60 mm	
Modulo elastico:	E_c	33722 N/mm ²
Tensione normale ammissibile:	σ_c	11.00 N/mm ²
Tensione tangenziale al di sotto della quale non è necessario il calcolo delle armature:	τ_{c0}	0.67 N/mm ²
Tensione tangenziale limite:	τ_{c1}	1.97 N/mm ²
Tensione tangenziale limite in presenza di taglio e torsione:	1.1 τ_{c1}	2.17 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica:	f_{ck}	29.05 N/mm ²
Resistenza cilindrica di calcolo:	f_{cd}	18.16 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione:	f_{ctk}	2.02 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione per flessione:	f_{ctfk}	2.43 N/mm ²

Tabella 1. Caratteristiche tecniche e di resistenza del calcestruzzo.

3.1.1 Acciaio

L'acciaio utilizzato per le armature dell'opera dovrà rispondere delle caratteristiche riportate nella tabella seguente.

<i>Acciaio per calcestruzzo</i>		
Acciaio ordinario (per diametri 5 mm <math>< \varnothing 10 \text{ mm}</math>) :		B450A
Acciaio ordinario (per diametri 6 mm <math>< \varnothing 50 \text{ mm}</math>) :		B450C
Reti elettrosaldate (per diametri 6 mm <math>< \varnothing 16 \text{ mm}</math>)		B450C
NTC 2008:		
f_{yk} : tensione di snervamento		
f_{yd} : tensione di progetto		
γ_{ms} : coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio = 1.15		
γ_e : coefficiente di modello = 1.20		
Modulo elastico:	E_s	210000 N/mm ²
Tensione di snervamento B450C:	f_{yk}	>450.00 N/mm ²
Allungamento a carico massimo B450C	Δ	7%
Tensione di progetto B450C	$f_{yd} =$	f_{yk}/γ_{ms}
Tensione di snervamento B450A:	f_{yk}	>450.00 N/mm ²
Allungamento a carico massimo B450A	Δ	3%
Tensione di progetto B450A	$f_{yd} =$	$f_{yk}/\gamma_{ms} \cdot \gamma_e$
<i>Acciaio per micropali Fe430</i>		
Tensione di snervamento		275 N/mm ²
Tensione di rottura		430 N/mm ²
<i>Acciaio per barre autoperforanti S450</i>		
Carico di snervamento		450 kN
Carico di rottura		530 kN

Tabella 2. Caratteristiche tecniche e di resistenza degli acciai previsti per le opere strutturali.

4 Descrizione del codice di calcolo impiegato

4.1 Analisi di stabilità

Le analisi di stabilità del versante sono state condotte con l'ausilio del codice di calcolo Slide¹, che permette di tenere conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dall'idrostatica, di sollecitazioni sismiche per via statica equivalente, di tiranti d'ancoraggio, micropali, soil nailing ed altre strutture resistenti a livello di forze applicate al sistema. Esso è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità, ricavando il coefficiente di sicurezza, come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di potenziale scorrimento e quella mobilitata dal moto incipiente dell'intera massa contenuta dalla superficie stessa.

Il criterio di rottura adottato per il terreno è quello classico di Mohr – Coulomb sia in condizioni drenate sia in condizioni non drenate.

4.2 Parametri geotecnici

L'assetto stratigrafico del versante nei vari siti è stato ricostruito mediante una serie di indagini geognostiche in sito; i parametri geotecnici utilizzati per il dimensionamento e la verifica delle strutture sono state ricavate dalla relazione Geologica Geotecnica sviluppata sulla base delle informazioni ricavate da prove penetrometriche dinamiche ed analisi di laboratorio geotecnico.

In accordo con quanto previsto dalla NTC 2008, le verifiche sono state condotte secondo l'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) considerando dei coefficienti parziali per le azioni permanenti e variabili (A), per i parametri del terreno (M) e per le resistenze (R), come riportato nella tabella seguente.

parametro	coefficiente parziale combinazione 2, set M2
angolo di resistenza al taglio (ϕ')	1,25
coesione (c')	1,25
resistenza statica e sismica	1,10

Tabella 3. Coefficienti parziali per verifiche SLU.

¹ Slide 5.014 – RocScience Inc. Toronto CANADA.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici definiti nella relazione Geologica e Geotecnica.

Terreno	peso dell'unità di volume	angolo di attrito	coesione
	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
Livello A			
Valore di picco	19.5	30÷31	21÷22
Valore residuo	19.5	28÷29	15÷16
Livello B	21	33÷34	20÷30
Livello C	23	>40	>30

Tabella 4. Parametri geotecnici proposti nella relazione geologica e geotecnica.

Terreno	peso dell'unità di volume	angolo di attrito	coesione
(sigla material in Slide)	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
M1picco	19.5	24.79	16.8
M1residuo	19.5	23	12
M2	21	27.45	16
M3	23	33.87	24

Tabella 5. Parametri geotecnici utilizzati per il calcolo.

4.3 Caratteristiche delle sollecitazioni

4.3.1 Accelerazione sismica dei luoghi

Con riferimento alla posizione geografica e sulla base di quanto riportato nel D.M. 14 gennaio 2008, utilizzando il foglio di calcolo "Spettri-NTC" sviluppato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, è stato possibile ricostruire l'accelerazione di verifica in condizioni di salvaguardia della vita umana (SLV).

I coefficienti sismici orizzontali e verticali utilizzati per l'analisi pseudo-statica sono stati ricavati con le seguenti formulazioni:

-
$$K_h = \beta_s \frac{a_{\max}}{g}$$

-
$$K_v = \pm 0,5 K_h$$

dove:

- $a_{\max} = S \cdot a_g$;
- β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima attesa nel sito (si veda tab.7.11.I - N.T.C. 2008);
- g l'accelerazione di gravità.

4.3.2 Sovraccarichi

Si è considerato un sovraccarico stradale uniformemente distribuito pari a 15 kPa, in corrispondenza della strada.

5 Analisi di stabilità

Con i metodi ed i parametri descritti in precedenza, per ogni sito di intervento, si è valutata dapprima la stabilità globale del tratto di versante interessato dal dissesto in modo da individuare, attraverso l'analisi a ritroso, la geometria e la posizione delle superfici di rottura e stimare il valore dei parametri caratteristici dei terreni, oltre che il possibile andamento della piezometrica. Queste informazioni sono state integrate con i dati ricavati dalle analisi di laboratorio che consentono di evidenziare la differenza tra valori di picco e residui dei parametri geotecnici e di verificare la stabilità globale del versante a seguito della realizzazione dell'opera.

5.1 Località "Zavino dopo Sorgati" - tratto a Ovest

Parametri sismici								
coordinate		categoria suolo	categoria topografica	ag	bs	S = St*Ss	Kh	Kv
lat.	long.							
45,746855	11,26339	E	T2	0,156g	0,24	1,90	0,07113	0,03556

CARATTERISTICHE DEI RINFORZI
Support: Support 1
Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 0.66 m
Pile Shear Strength: 42.8 kN
Support: Support 2
Support Type: Micro-Pile
Force Application: Passive
Out-of-Plane Spacing: 0.66 m
Pile Shear Strength: 42.8 kN

Tabella 6. Caratteristiche strutturali delle barre autoporforanti, così come inserite nel software utilizzato.

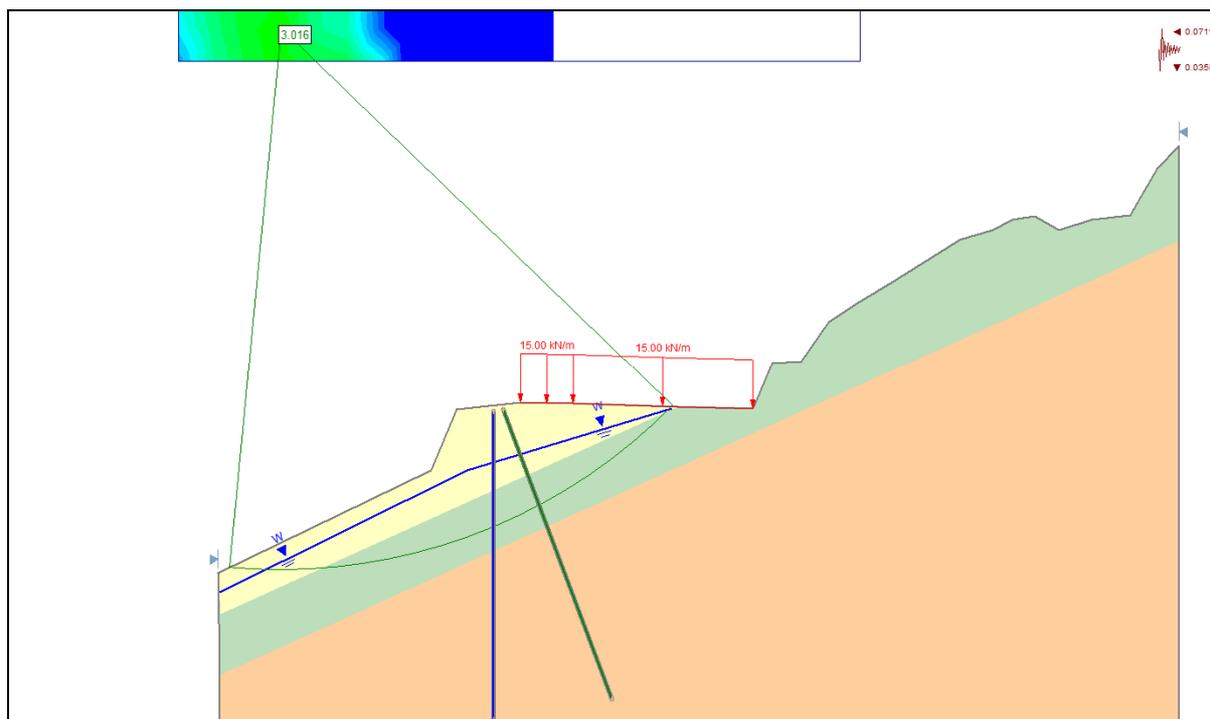


Figura 1. "Zavino dopo Sorgati a Ovest"; fattore di sicurezza minimo: 3.016.

5.2 Località “Zavino dopo Sorgato” – tratto a Est

Parametri sismici								
Coordinate		categoria suolo	categoria topografica	ag	bs	S = St*Ss	Kh	Kv
lat.	long.							
45,746653	11,264344	E	T2	0,156g	0,24	1,90	0,07113	0,03556

CARATTERISTICHE DEI RINFORZI

Support Properties

Support: Support 1
 Support Type: Micro-Pile
 Force Application: Passive
 Out-of-Plane Spacing: 1 m
 Pile Shear Strength: 210 kN

Support: Support 2
 Support Type: Micro-Pile
 Force Application: Passive
 Out-of-Plane Spacing: 1 m
 Pile Shear Strength: 210 kN

Tabella 7. Caratteristiche strutturali dei micropali, così come inseriti nel software utilizzato.

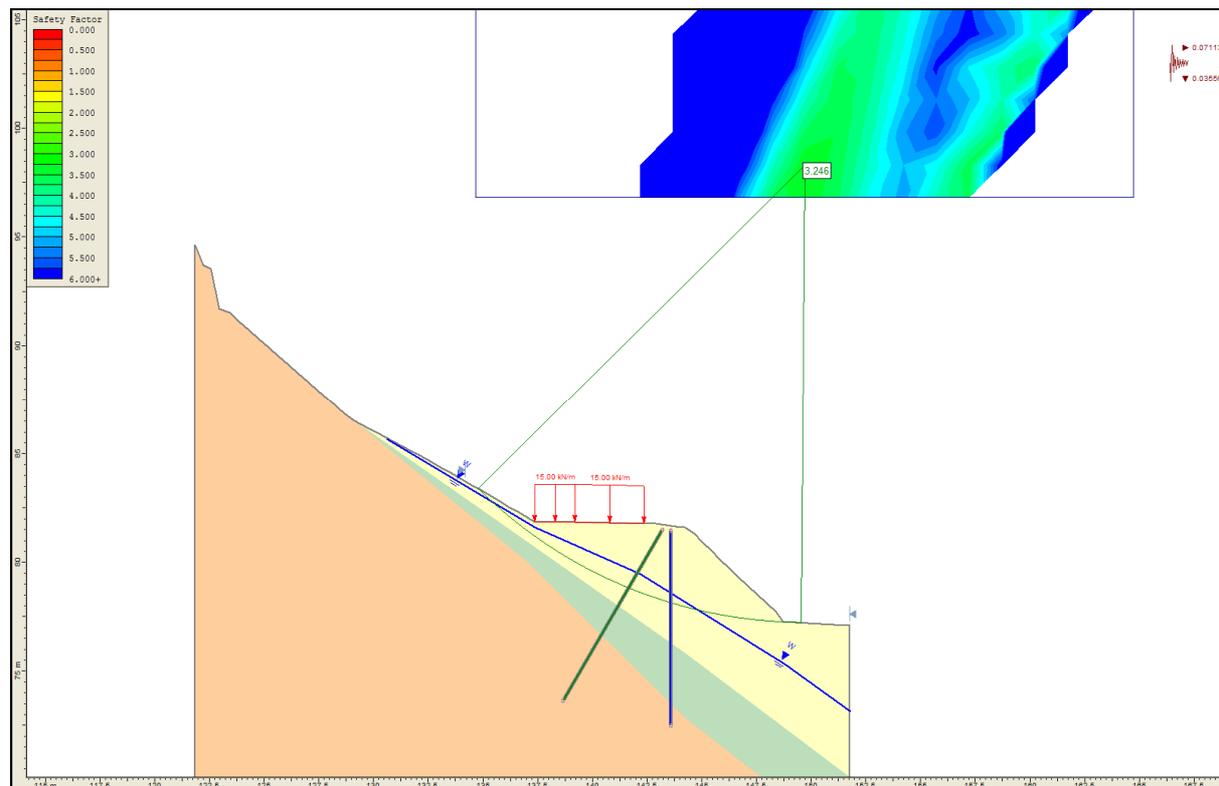


Figura 2. “Zavino dopo Sorgati a Est”; fattore di sicurezza minimo: 3.246.