

UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO
PROVINCIA DI ALESSANDRIA

**INTERVENTI DI MANUTENZIONE
DEL TERRITORIO MONTANO**

PROGETTO ESECUTIVO

esteso ai comuni di: **CARTOSIO, CAVATORE, DENICE,**
MELAZZO, MERANA,
MONTECHIARO D'ACQUI, MORBELLO, PARETO, PONTI
(1° LOTTO)

**RELAZIONE DI CALCOLO
E VERIFICHE**
chiodature e rete metallica

RIF. INT.: 2017_74

DATA: 20 AGO.2018

IL RESPONSABILE **II R.U.P.**

Geom. Carla Moretti



I TECNICI

Ing. Italo BRUNO



Ing. Paolo CHIARELLA



Dott. Geol. Andrea Silvio BASSO



Raggruppamento Temporaneo di Professionisti

STUDIONOVI Bruno-Chiarella

STUDIO DI GEOLOGIA Andrea Silvio Basso

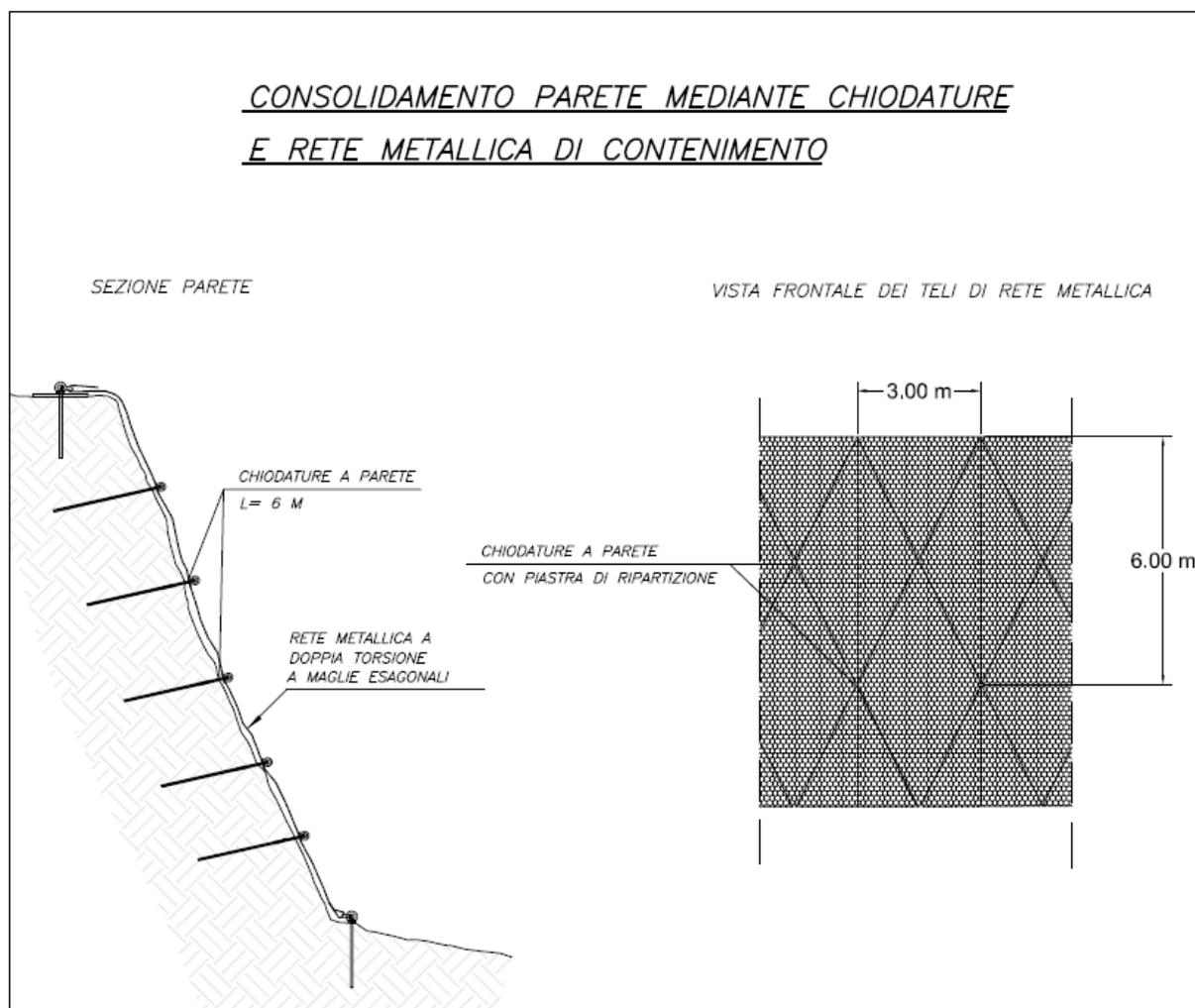
Via Manzoni 14, 15067 NOVI L. (AL) tel. 0143 75470 - fax 0143 321409

COMUNE DI CAVATORE

Gli interventi previsti in progetto prevedono opere di stabilizzazione della scarpata.

La stabilizzazione del versante verrà attuata mediante esecuzione di chiodature e posa di rete di contenimento superficiale, comprendenti l'esecuzione di trivellazione e inserimento di barre di ancoraggio di lunghezza minima pari a 6,00 m, solidarizzate in foro tramite iniezioni di boiaccia di cemento. Il contenimento superficiale verrà attuato mediante il rivestimento della scarpata con copertura di rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 cm con filo avente diametro pari a 3,00 mm. I teli di rete saranno posati lungo le linee di massima pendenza e collegati utilizzando per le cuciture un filo di caratteristiche pari a quelle della rete medesima. La rete sarà fissata lungo tutta la scarpata a funi ad andamento diagonale ed ancoraggi di lunghezza 6,00 m con raster 6,00 x 3,00 m. ancorate alla testa delle chiodature.

Di seguito vengono illustrate le verifiche dei fattori di sicurezza pre-intervento e post-intervento condotte in relazione agli interventi previsti.



Verifiche dei fattori di sicurezza pre e post intervento Cavatore (AL)

Le verifiche in menzione sono state condotte nell'ipotesi di equilibrio limite ed in particolare riferendosi alla formulazione di seguito riportata che, ipotizza la presenza della spinta idrostatica, nella frattura che delimita a monte il volume di roccia, e della forza sismica.

Si riportano nel seguito i significati dei parametri e delle grandezze che intervengono nella scrittura delle equazioni utilizzate per risolvere il problema.

Abbiamo dunque che:

$$T = \sigma_n \cdot \tan(\varphi + i_{eff})$$

$$i_{eff} = JRC \log \frac{JCS}{\sigma_n}$$

$$Area = f(\psi_e, \psi_i, s, h, l, \alpha, \delta)$$

$$S_w = \frac{1}{2} \cdot H_w^2 \cdot \frac{1}{\sin \psi_i}$$

$$\alpha' = f(\psi_e, \psi_i, s, h, l, \alpha, \delta)$$

$$W = Area \cdot \gamma$$

γ	=	Peso dell'unità di volume della roccia
ψ_e	=	Inclinazione parete esterna
ψ_i	=	Inclinazione parete interna
δ	=	Inclinazione in testa al blocco
s	=	Spessore del blocco
h	=	Altezza blocco
l	=	Larghezza blocco
k	=	Coefficiente di intensità sismica
α	=	Inclinazione della base del blocco
R_q	=	Risultante tirante
β	=	Inclinazione risultante tirante
φ	=	Angolo di attrito di base delle discontinuità
S_w	=	Spinta dell'acqua sulla discontinuità di monte
x_g	=	Ascissa baricentro blocco
y_g	=	Ordinata baricentro blocco
x_t	=	Ascissa punto di applicazione risultante tirante
y_t	=	Ordinata punto di applicazione risultante tirante
y_w	=	Ordinata punto di applicazione spinta acqua
γ_w	=	Peso dell'unità di volume dell'acqua
H_w	=	Altezza d'acqua spingente
JRC	=	Parametro adimensionale rappresentativo della scabrezza
JCS	=	Indica la resistenza a compressione del giunto
σ_n	=	Tensione normale sulla base del blocco

Scrivendo le equazioni di equilibrio ed assumendo per la resistenza a taglio sulla discontinuità di base la relazione di Mohr-Coulomb, con le indicazioni precedentemente esplicitate, possiamo pervenire alle relazioni che esprimono il fattore di sicurezza allo scorrimento, la forza esterna stabilizzante necessaria ad assicurare un assegnato valore del fattore di sicurezza a scorrimento, il fattore di sicurezza a ribaltamento.

1a) *Fattore di sicurezza a scorrimento*

$$Fs = \frac{[W \cdot \cos \alpha - kW \cdot \sin \alpha + R_q \cdot \sin(\alpha + \beta) - S_w \cdot \sin(\alpha')]}{W \cdot \sin \alpha + kW \cdot \cos \alpha - R_q \cdot \cos(\alpha + \beta) + S_w \cdot \cos(\alpha')}$$

2a) *Forza esterna stabilizzante necessaria ad assicurare un assegnato fattore di sicurezza a scorrimento (Fs)*

$$Rq = \frac{S_w \cdot \sin \alpha \cdot \tan(\varphi + i_{eff}) + Fs \cdot W \cdot \sin \alpha + Fs \cdot S_w \cdot \cos \alpha' - W \cdot \cos \alpha \cdot \tan(\varphi + i_{eff}) + Fs \cdot K \cdot W \cdot \cos(\alpha)}{Fs \cdot \cos(\alpha + \beta) + \sin(\alpha + \beta) \cdot \tan(\varphi + i_{eff})}$$

3a) *Fattore di sicurezza a ribaltamento*

$$Fr = \frac{W \cdot x_g + R_q \cdot (y_t \cdot \cos \beta + x_t \cdot \sin \beta)}{K \cdot W \cdot y_g + S_w \cdot \cos(90^\circ - \psi_t) \cdot [y_w + x_w \cdot \tan \alpha']}$$

Come già precisato nelle verifiche, tenuto conto nel particolare contesto in cui si colloca l'intervento, si è ritenuto opportuno assumere, cautelativamente, condizioni che in generale risultano sicuramente gravose (frattura di monte completamente riempita d'acqua, presenza di forza dovuta ad azioni sismiche), ma che non è opportuno escludere.

La procedura utilizza una fase preliminare di progetto sviluppata imponendo un assegnato valore al fattore di sicurezza allo scorrimento e calcolando il valore totale della forza esterna necessaria.

Calcolato lo sforzo nel tirante di progetto viene definito il numero di tiranti e stabilita la posizione degli stessi.

A questo punto, riferendosi alla configurazione finale di progetto, sono di nuovo calcolati i fattori di sicurezza allo scorrimento ed al ribaltamento. Per tali valori si è assunto come riferimento il valore 1.30.

Per il calcolo dello sforzo nel tirante di progetto si è seguita la procedura di seguito riportata.

Riferendosi alla seguente notazione:

D	=	Diametro della fondazione
l_f	=	Lunghezza della fondazione
γ	=	Peso unità di volume della roccia di ancoraggio
K	=	Coefficiente funzione dell'angolo di attrito roccia di ancoraggio
t	=	Profondità media tirante
d	=	Diametro del tirante
σ_{ys}	=	Tensione corrispondente al limite elastico convenzionale dell'acciaio
τ_{ad}	=	Tensione tangenziale ammissibile di aderenza

Tiro di progetto tirante singolo

1b) *Tiro limite ultimo tirante in terreni incoerenti*

$$N_{fu} = \pi \cdot D \cdot l_f \cdot K \cdot \gamma \cdot t$$

2b) *Aderenza acciaio - cls*

$$N_{ad} = \pi \cdot d \cdot l_f \cdot \tau_{ad}$$

3b) *Resistenza ultima armatura*

$$N_{sf} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sigma_{ys}$$

Si assume come *Sforzo di Progetto* il minimo tra gli sforzi N_{fu}

Il fattore di sicurezza da applicare al tiro limite ultimo N_{fu} viene valutato sulla base delle seguenti considerazioni:

Per il dimensionamento geotecnico, deve risultare rispettata la condizione $E_d < R_d$ (6.2.3.1 NTC 2008) con specifico riferimento ad uno stato limite di sfilamento della fondazione di ancoraggio. La verifica di tale condizione può essere effettuata con riferimento alla combinazione A1+M1+R3, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II (6.2.3.1.1 e 6.2.3.1.2 NTC 2008) e 6.6.I.

La verifica a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio si esegue confrontando la massima azione di progetto P_d , considerando tutti i possibili stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), con la resistenza di progetto R_{ad} , determinata applicando alla resistenza caratteristica R_{ak} i fattori parziali g_R riportati nella Tab. 6.6.I.

	Simbolo g_R	Coefficiente parziale
Temporanei	$g_{R,t}$	1,1
Permanenti	$g_{R,p}$	1,2

Tab. 6.6.I – Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi

Il valore della resistenza caratteristica R_{ak} è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione α_{a3} e α_{a4} rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,c}$ ottenute dal calcolo. Per la valutazione dei fattori α_{a3} e α_{a4} , si deve tener conto che i profili di indagine sono solo quelli che consentono la completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo per il terreno di fondazione dell'ancoraggio.

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,c})_{medio}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{a,c})_{min}}{\xi_{a4}} \right\}$$

Nella valutazione analitica della resistenza allo sfilamento degli ancoraggi non si applicano coefficienti parziali di sicurezza sui valori caratteristici della resistenza del terreno; si fa quindi riferimento ai coefficienti parziali di sicurezza M1.

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
α_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
α_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

Tab. 6.6.III – Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.18	2.58	0.16
S.L.D.	50.0	0.24	2.55	0.19
S.L.V.	475.0	0.55	2.57	0.29
S.L.C.	975.0	0.71	2.57	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2592	0.2	0.0053	0.0026
S.L.D.	0.3456	0.2	0.007	0.0035
S.L.V.	0.792	0.2	0.0162	0.0081
S.L.C.	1.0224	0.2	0.0209	0.0104

DATI GENERALI

Peso di volume della roccia	23.0 kN/m ³
Coefficiente sismico kx	0.02
Coefficiente sismico ky	0.01
Attrito sul piano di scorrimento	30 °
Coesione	200 kPa
Coefficiente JRC	12
Coefficiente JCS	45 Mpa

CARATTERISTICHE OPERE INTEVENTO

Diametro della fondazione	0.036 m
Lunghezza della fondazione	5 m
Peso spec. roccia di ancoraggio	23 kN/m ³
Attrito terreno di ancoraggio	30 °
Fattore di sicurezza sul tiro ultimo	2.16
Diametro armatura	24 mm
Resistenza di calcolo armatura	275 N/mm ²
Tasso di lavoro armatura	90 %
Aderenza acciaio cls	2 N/mm ²

DIMENSIONAMENTO STRUTTURA

Forza limite ultima fondazione	613.84 KN
Sfilamento acciaio dalla fondazione	753.98 KN
Forza limite ultima armatura	111.97 KN
Tiro di progetto	111.97 KN

DATI BLOCCO

Altezza blocco	8 m
Spessore	2 m
Larghezza del blocco	3 m
Inclinazione sup. interna	85 °
Inclinazione sup. esterna	85 °
Inclinazione piano di scorrimento	10 °
Inclinazione testa - da cresta in poi	10 °
Altezza acqua spingente	6 m

ANALISI CON TIRANTI

FASE DI PROGETTO

CARATTERISTICHE BLOCCO

Area blocco	15.753 m ²
Peso Blocco	1087 KN
Coordinate baricentro (x,y)	1.35 / 4.18 m
I _{eff} 28.9	°

FATTORE DI SICUREZZA IMPOSTO

Per avere un fattore di sicurezza pari a	2.0
Occorre uno sforzo (R _q) pari a	899.09 KN
Inclinato di (Beta)	15.0 °
Da distribuire su una superficie di	24.0 m ²

NUMERO DI TIRANTI DA UTILIZZARE

Numero di tiranti da utilizzare	8
Da distribuire su una superficie di	24.0 m ²

VERIFICA DEI PARAMETRI PRE-INTERVENTO

Numero di tiranti utilizzati	0
Sforzo risultante	0.0 KN
Inclinazione risultante (Beta)	0.0 °
Coordinate risultante (X _{rq} , Y _{rq})	0.0 / 0.0 m
<u>F_s sicurezza scorrimento</u>	<u>3.847</u>
<u>F_r sicurezza ribaltamento</u>	<u>0.908</u>

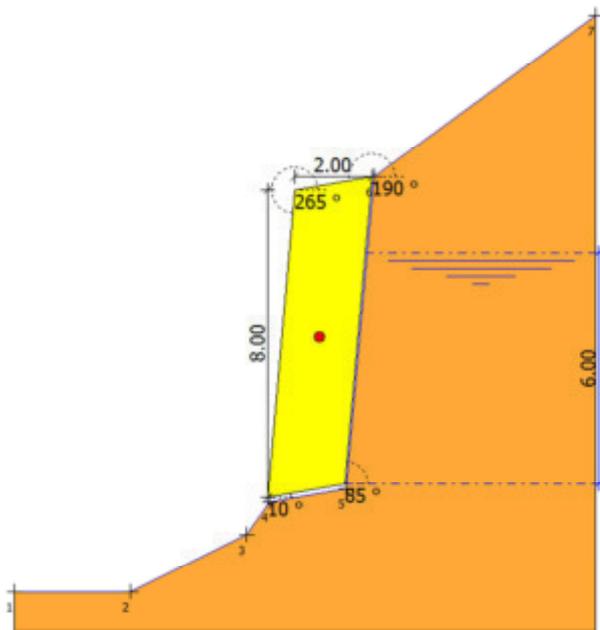
VERIFICA DEI PARAMETRI POST-INTERVENTO

POSIZIONE TIRANTI Interasse orizzontale..	3 m
Tirante n°	1
Sforzo tirante	100 KN
Inclinazione	15 °
Ordinata punto di applicazione	1.5 m
Tirante n°	2
Sforzo tirante	100 KN
Inclinazione	15 °
Ordinata punto di applicazione	6.5 m
Numero di tiranti utilizzati	2

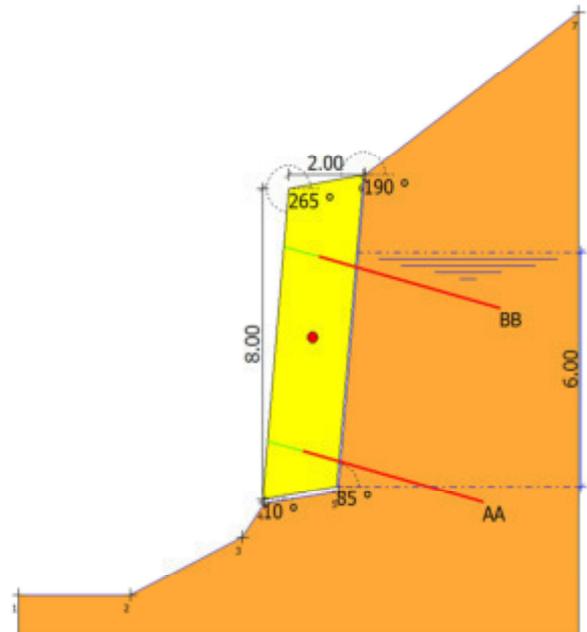
Sforzo risultante	200.0 KN
Inclinazione risultante (Beta)	15.0 °
Coordinate risultante (Xrq, Yrq)	0.35 /4.0 m
Es sicurezza scorrimento	5.397
Fr sicurezza ribaltamento	1.394

VERIFICA TENSIONI ARMATURA

Tensione a trazione armatura 221.049 N/mm²



Imm. 1 – Situazione pre-intervento



Imm. 2 – Situazione post-intervento