



Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2304A

ANNO: 2018

A P P U N T I

STUDENTE: Cavallo Federico

MATERIA: Consolidamento di Rocce e Terreni - Relazioni Complete - Prof. Peila - Oggeri

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



Relazioni Tecniche del corso di CONSOLIDAMENTO DI ROCCE E TERRENI

professori:

Daniele Peila
Claudio Oggeri

Firmatari:

Enrico Solazzo (matr.233277)
Federico Cavallo (matr. 180421)
Tiziano Sandri (matr. 233151)

Relazioni presenti:

Chiodature prof Peila
Tiranti prof Peila
Tiranti prof Oggeri
Iniezioni prof Peila
Geosintetici prof Oggeri
Jet Grouting prof Oggeri

Anno accademico 2016-2017

Politecnico di Torino

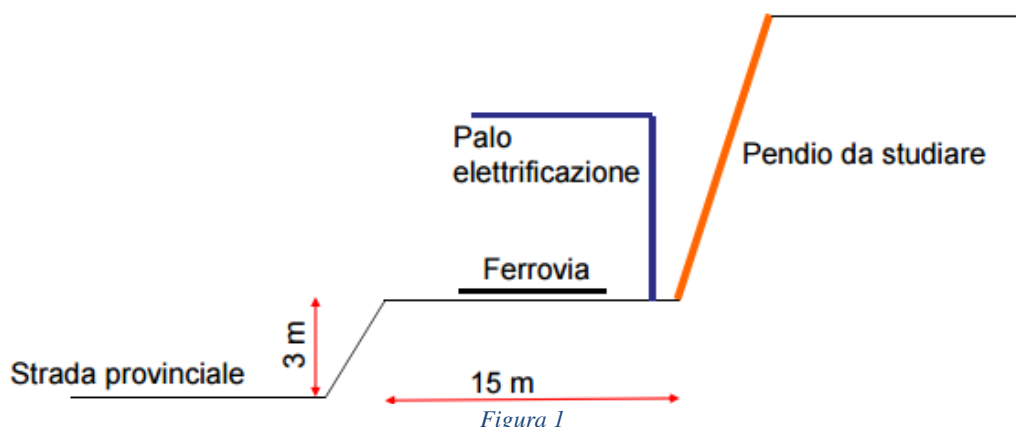
Enrico Solazzo – Federico Cavallo – Tiziano Sandri

Premessa

L'oggetto della presente relazione, del 14 Aprile 2017 redatta sull'incarico 1 del protocollo 1/2017 del professor Daniele Peila, è costituito dalle verifiche strutturali e dalla scelta dell'intervento per consolidare un diedro di roccia localizzato sulla linea ferroviaria Ciriè-Lanzo.

I dati disponibili sono la relazione geo strutturale a firma del professor D. Peila, la documentazione fotografica eseguita in situ e il calcolo di stabilità.

Il problema che si deve affrontare è relativo ad un volume di roccia che insiste sulla linea ferroviaria delle Valli di Lanzo, sorto in seguito al termine dei lavori di elettrificazione della linea ferroviaria. È stato notato che lungo un tratto della linea, la parete rocciosa che insisteva sulla stessa, presentava un potenziale pericolo di distacco. Si è pertanto effettuato un sopralluogo lungo il tratto ferroviario e si è identificato il problema localizzato esclusivamente in un'area specifica, la cui sezione è schematizzata in figura 1.



Come si nota in figura è presente una strada provinciale, una piccola scarpata costituita da rocce ignee e porfidi, il sedime della linea ferroviaria e il pendio da studiare, il quale insiste su un palo di elettrificazione.

La struttura rocciosa è composta da gneiss, è alta circa sette metri, è subverticale e presenta una potenziale superficie di scivolamento. Dal rilievo geo-strutturale si sono identificate diverse famiglie di discontinuità il cui piano è ben evidente (vedi figura 2).

L'intersezione tra la discontinuità il cui piano è stato rappresentato in rosso e le due superfici di scivolamento rappresentate in viola si intersecano formando un diedro a

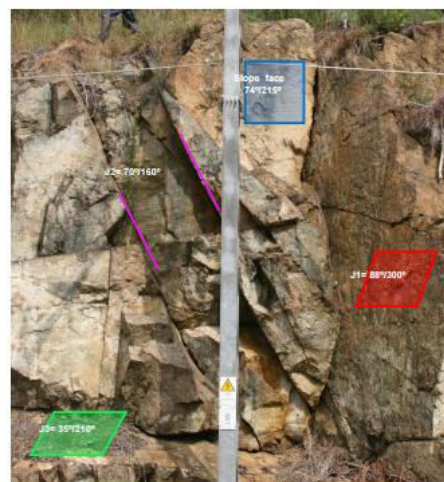


Figura 2

Dall'analisi dell'equilibrio limite si hanno le dimensioni dei blocchi (figura 5)

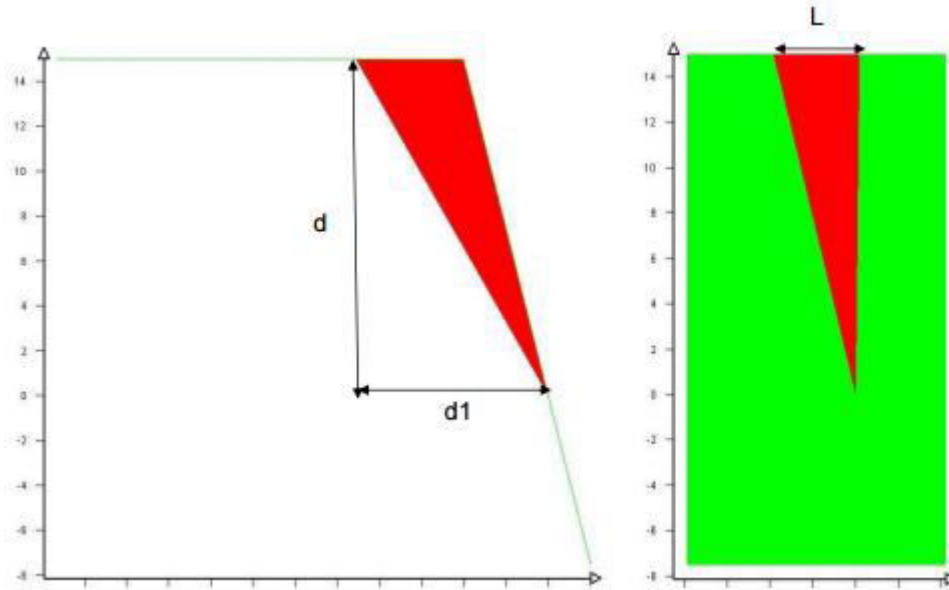


Figura 5

Dimensioni Geometriche					
Blocco	d [m]	d1 [m]	L [m]	Volume [m ³]	Massa (kg)
Blocco A	14	9	5,1	51	133000
Blocco B	8	5	2,7	8	20000

Tabella 2

Introduzione

Il primo problema che si è posto è quello relativo alla scelta della soluzione ingegneristica da adottare. Una soluzione potrebbe essere la rimozione del blocco instabile. Le tecniche che possono essere adottate sono l'utilizzo di esplosivi oppure l'ausilio di martinetti idraulici. Questa soluzione comporterebbe come prima cosa l'interruzione della linea ferroviaria per almeno tre giorni, per consentire la rimozione del palo della linea elettrica, l'abbattimento del diedro instabile, la rimozione dei detriti e rimessa in funzione della linea stessa. Tuttavia questa soluzione è stata scartata, in quanto si è preferito adottare soluzioni che non prevedano la rimozione del palo della linea elettrica ferroviaria.

L'altra soluzione è intervenire per impedire lo scivolamento, ed è realizzabile mediante l'impiego di elementi metallici di rinforzo. Si optato per l'utilizzo di chiodature permanenti in roccia completamente cementate.

Per progettare questo tipo di intervento occorre capire quali sono i parametri geotecnici di attrito sulle discontinuità descritti da coesione e angolo di attrito. La coesione sulle discontinuità è generata dai ponti di roccia, e quindi dalle porzioni di roccia adiacenti alle discontinuità ancora integre. Non avendo informazioni sul comportamento delle discontinuità si è scelto un valore di coesione uguale a zero in modo da essere a favore di sicurezza. L'angolo di attrito dipende dalla rugosità della discontinuità e si è ottenuto dalla relazione geologica. Si sono presi i valori di angolo di attrito nella discontinuità J1 pari a 32° e angolo di attrito nella discontinuità J2 pari a 35° .

Un altro parametro importante da discutere è l'eventuale presenza di sovrappressioni idrauliche. Dal momento che visivamente le fratture sono ragionevolmente molto aperte si è assunto che l'acqua fluisca attraverso queste fratture senza creare sovrappressioni idrauliche. Pertanto nelle ipotesi di calcolo si assumeranno valori di sovrappressioni idrauliche pari a zero. Per garantire quest'assunzione occorre realizzare il progetto in modo tale che non si possano instaurare delle sovrappressioni. La soluzione tecnologica adottata è la realizzazione di un sistema di drenaggio in roccia. Pertanto si è deciso di realizzare tre fori drenanti di 60 mm di diametro inclinati di circa 5° verso l'alto. Tre fori saranno collocati nel cuneo maggiore, di cui uno nel cuneo minore. Questo sistema di drenaggio garantisce che non si vengono a creare sovrappressioni all'interno di nessuno dei due meccanismi di collasso, presenti uno all'interno dell'altro, e nell'intero sistema roccioso.

Dai calcoli si ottiene che il blocco A presenta un fattore di sicurezza pari a 1,007. Il blocco B, che è una porzione del blocco A, presenta lo stesso fattore di sicurezza poiché i parametri geo meccanici e la coesione sono analoghi al blocco A. Dal momento che il fattore di sicurezza di poco superiore ad

Calcolo della chiodatura

Per ottenere la lunghezza del tratto di chiodo ancorato alla roccia sana si è fatto riferimento al Metodo 2 presente nelle raccomandazioni AGI – AICAP per il calcolo della resistenza limite allo sfilamento.

Verifica allo sfilamento acciaio-malta

$$L_f = \frac{R_{a,c}}{\pi \cdot D_s \cdot \tau}$$

- $R_{a,c}$: La resistenza di progetto $R_{a,d}$ vale 23 kN. Moltiplicando tale valore per 1,2, ossia il coefficiente parziale per la resistenza di ancoraggi permanenti, si ottiene il valore di resistenza caratteristica R_{ak} . Per ottenere il valore limite della resistenza allo sfilamento $R_{a,c}$ si è moltiplicato tale valore per 1,8, ossia il fattore di correlazione derivante dalla conoscenza geotecnica del terreno, è si è ottenuto $R_{a,c} = 49.68$ kN.
- D_s : Il diametro reale della fondazione D_s è uguale a $D_s = \alpha_d \cdot D_d$, dove α_d è un coefficiente per la stima del diametro reale della fondazione, e nel caso di roccia fratturata vale $\alpha_d = 1,1$. Si utilizza un diametro nominale di perforazione D_d di 0.051 metri, pertanto si ottiene $D_s = 0.056$ metri.
- τ : Si è utilizzato il valore della tensione ultima di aderenza acciaio - calcestruzzo di 2.58 MPa, ottenuto secondo le Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) e l'Eurocodice 2 (EC2-EN 1992) per un calcestruzzo avente classe di resistenza C40/C50, diametro barra di acciaio minore di 32 mm e condizioni di aderenza mediocri.

Dal calcolo della verifica allo sfilamento acciaio – malta si ottiene un valore di lunghezza dell'ancoraggio $L_f = 0.11$ m.

Verifica allo sfilamento malta-roccia

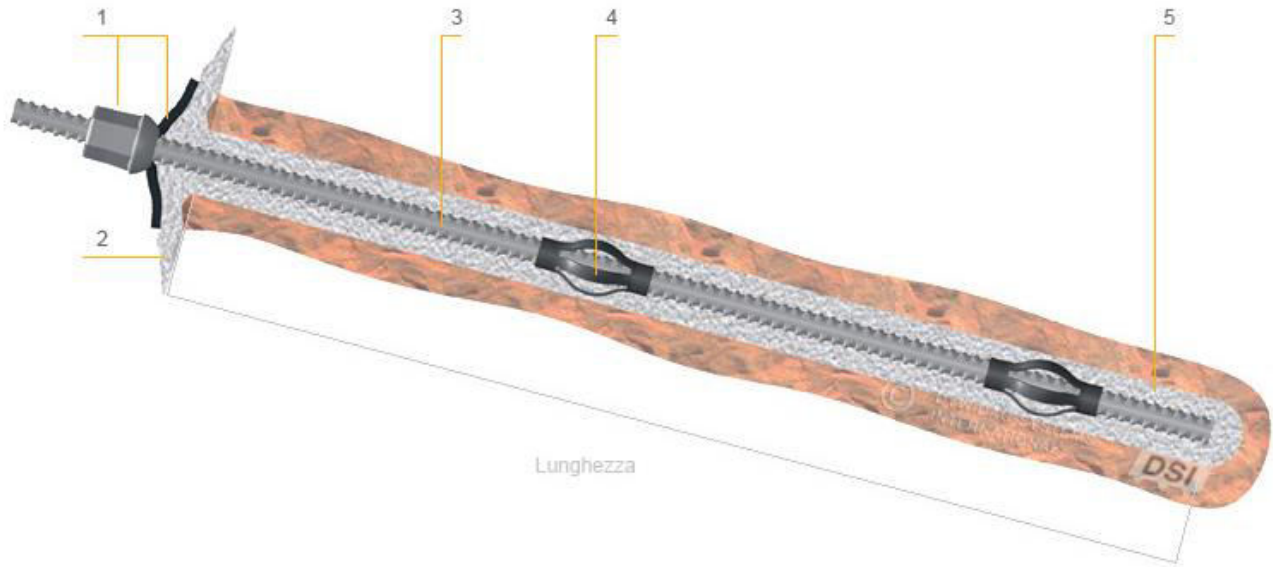
$$L_f = \frac{R_{a,c}}{\pi \cdot D_s \cdot \tau}$$

- $R_{a,c}$: $R_{a,c} = 49.68$ kN (vedi Verifica allo sfilamento acciaio-malta).
- D_s : $D_s = 0.055$ metri (vedi Verifica allo sfilamento acciaio-malta).
- τ : Si è utilizzato il valore della tensione tangenziale di aderenza fondazione-terreno di 0.6 MPa, ottenuto dalle tabelle di Bustamante e Doix per la resistenza unitaria limite per rocce tenere e fratturate.

Dal calcolo della verifica allo sfilamento acciaio – malta si ottiene un valore di lunghezza dell'ancoraggio $L_f = 0.47$ m.

Nella scelta si è preso il valore maggiore dei due risultati ottenuti. Tuttavia data l'incertezza in relazione al numero di fratture e sul posizionamento delle giaciture si è ritenuto opportuno scegliere un maggiore valore di lunghezza dell'ancoraggio, $L_f = 1$ m.

Elaborato grafico con schema del chiodo da roccia DYWIDAG.



- 1 - Testata
- 2 - Superficie
- 3 - Barra

- 4 - Centratore
- 5 - Boiaccia

Elaborato grafico 5 – Chiodo da roccia DYWIDAG

	<ul style="list-style-type: none"> - L'alta resa del sistema è garantita in tutte le fasi, dalla produzione all'installazione, dal severo controllo di qualità DSI; - I chiodi sono disponibili anche nella versione zincata; - Disponibile nella collaudata qualità GEWI® e nella nuova GEWI® Plus. 				
	CARATTERISTICHE				
	Diametro nominale [mm]	Qualità dell'acciaio [N/mm ²]	Area sezione [mm ²]	Carico di snervamento [kN]	Carico ultimo [kN]
25	BSt 500 S	491	246	270	

ROTO 60.24 MCSS	Scheda Tecnica:	
	Altezza Massima	23.9 m
	Portata Massima	6000 kg
	Portata Idraulica	124 l
	Peso a vuoto	18700 kg
	Larghezza	2.49 m
	Lunghezza	7.43 m
	Altezza	3.1
	Motore – Potenza	176 CV
	Velocità max	40 Km/h
	Trasmissione	Idrostatica 2V
	Livellamento	V
	Traslazione laterale	X
	Stabilizzatori	V
	Attacco a tre punti	X
PTO	X	
Rotazione torretta	V	

EX 180LDTH	Scheda Tecnica:	
	Main frame	EX180L
	Mast	SPEEDY DRILL 180

Metodologie Esecutive

- 1) Garantire un'interruzione totale del tratto ferroviario e della linea elettrica per l'intera durata dei lavori, prevista di 14 giorni, e un servizio di navette sostitutive per la tratta interrotta.
- 2) Posizionare e piazzare il sollevatore telescopico, sul cui braccio è piazzata la slitta di perforazione, ad una distanza dalla parete adeguata a una corretta perforazione.
- 3) Perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro azionato ad aria compressa ed eseguita mediante una batteria di aste di perforazione, collocato all'estremità del braccio telescopico, del primo foro in cui inserire la chiodatura. Il foro ha diametro 51 mm, una profondità di 5 metri e un'inclinazione verso il basso di 20°. La posizione dei fori è indicata in *Elaborato grafico 4*. L'eliminazione dei detriti di perforazione è ottenuta meccanicamente utilizzando il fluido di perforazione.
- 4) Inserimento del chiodo mediante l'ausilio di centratori in plastica per tutta la lunghezza della barra.
- 5) Inserimento in foro mediante iniezione a bassa pressione della miscela binaria acqua-cemento (rapporto A/C = 1:1.5) integrate con additivi protettivi ed antiritiro.
- 6) Ripetere per ognuno dei successivi quattro fori previsti le operazioni dal punto 3 al punto 5.
- 7) Perforazione di tre fori che saranno adibiti all'opera di drenaggio. I fori hanno diametro 60 mm, una profondità di 5 metri e un'inclinazione verso l'alto di 5°. La posizione dei fori è indicata in *Elaborato grafico 2*.

25	25.A05.A00	PERFORAZIONI SUBORIZZONTALI IN QUALSIASI MATERIA. Perforazioni orizzontali o suborizzontali in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso murature, trovanti e roccia da mina, anche in presenza d'acqua eseguita a qualsiasi profondità e per qualsiasi inclinazione sull'orizzontale, a rotazione o rotopercolazione, anche con eventuale rivestimento provvisorio; compresi gli oneri per l'eventuale uso di fanghi bentonitici, le attrezzature occorrenti, gli utensili di perforazione, i ponteggi e le impalcature occorrenti per l'esecuzione del perforo a qualsiasi altezza ed ogni altra prestazione ed onere per dare il perforo atto all'introduzione di micropali o tiranti.		
25	25.A05.A00.005	DEL DIAMETRO MM 60/90	m	27,30
PREZZIARIO REGIONE VAL D'AOSTA 2015				
	N00.A40	Nolo autogru con stabilizzatori a trave telescopica con sfilamento orizzontale e cilindri d'appoggio, con comandi indipendenti per ogni movimento, manovrabili dalla cabina o torretta; il braccio a più sezioni telescopiche sino alla lunghezza di circa 16 mt. E' compreso l'addetto alla manovra, il carburante, il lubrificante.		
	N00.A40.020	portata fino a 20 t	h	65,03
	N00.M40	Nolo di perforatrice pneumatica con martello fondo foro.		
	N00.M40.000	Nolo perforatrice pneumatica con martello a fondo foro compresa di tutti gli accessori, delle manutenzioni ed escluso il nolo del compressore, il piazzamento della macchina e l'operatore.	h	7,95

		eccedente tre volte il volume teorico del foro, compensate con le relative tariffe.				
18	18.A10.A15.005	Barre di acciaio del diametro di 24 (o 25) mm	m	25	80,20	2005
25	25.A02.A05	SGOMBERO				
25	25.A02.A05.005	SGOMBERO MATERIALI FRANATI CON TRASPORTO A DISCARICA. Sgombero di materiali franati di qualsiasi natura e forma con trasporto a riutilizzo od a rifiuto fino a 5 km dal punto più vicino al cantiere	m ³	6	4,07	24,42
25	25.A05	OPERE D'ARTE - CONSOLIDAMENTI				
25	25.A05.A00	PERFORAZIONI SUBORIZZONTALI IN QUALSIASI MATERIA. Perforazioni orizzontali o suborizzontali in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso murature, trovanti e roccia da mina, anche in presenza d'acqua eseguita a qualsiasi profondità e per qualsiasi inclinazione sull'orizzontale, a rotazione o rotopercolazione, anche con eventuale rivestimento provvisorio; compresi gli oneri per l'eventuale uso di fanghi bentonitici, le attrezzature occorrenti, gli utensili di perforazione, i ponteggi e le impalcature occorrenti per l'esecuzione del perforo a qualsiasi altezza ed ogni altra prestazione ed onere per dare il perforo atto all'introduzione di micropali o tiranti.				
25	25.A05.A00.005	DEL DIAMETRO MM 60/90	m	15	27,30	409,5
PREZZIARIO REGIONE VAL D'AOSTA 2015						
	N00.A40	Nolo autogru con stabilizzatori a trave telescopica con sfilamento orizzontale e cilindri d'appoggio, con comandi indipendenti per ogni movimento, manovrabili dalla cabina o torretta; il braccio a più sezioni telescopiche sino alla lunghezza di circa 16 mt. E' compreso l'addetto alla manovra, il carburante, il lubrificante.				
	N00.A40.020	portata fino a 20 t	h	32	65,03	2.080,96
	N00.M40	Nolo di perforatrice pneumatica con martello fondo foro.				

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**



**Relazione Tecnica
CONSOLIDAMENTO DI UNA PARETE ROCCIOSA INSTABILE
STRADA VARALLO-CIGLIASCO AL KM 42**

Firmatari:

Enrico Solazzo (matr.233277)

Federico Cavallo (matr. 180421)

Tiziano Sandri (matr. 233151)

Anno accademico 2016-2017

Sommario

Premessa	3
Analisi intera parete residuale.....	4
Analisi del maggior cuneo distaccabile	5
Analisi del cuneo interno	6
Norme e riferimenti bibliografici	7
Introduzione	8
Calcoli.....	10
Verifica allo sfilamento.....	10
Elaborati Grafici	11
Tabella dei Materiali.....	13
Metodologie.....	16
Tiranti di prova - Prova allo Sfilamento	16
Tiranti di prova - Prova di Idoneità.....	17
Metodologie Esecutive.....	20
Collaudo	22
Elenco Prezzi	25
Computo Metrico	27

Si sono quindi rilevati i parametri riportati in *Tabella 1*.

Analisi intera parete residuale

Descrizione	Dip (valori medi)	Dip direction (valori medi)
famiglia di discontinuità 1	75	155
famiglia di discontinuità 2	45	250
pendio	75	198
piano superiore	15	198
tension crack	85	198
altezza fronte (m)	15	
posizione del tension crack rispetto al ciglio (m)	4.5	

Tabella 1 – Dati geometrici parete residuale

Legenda

- *Dip*: indica la direzione di immersione del piano di rottura
- *Dip direction*: è l'angolo rispetto al nord della linea di massima pendenza

Si è poi eseguita un'analisi di stabilità di tipo parametrico, con i metodi dell'equilibrio limite, facendo variare i valori dell'angolo di attrito e della coesione delle discontinuità in modo da avere una realistica combinazione di valori che corrispondesse a condizioni prossime all'equilibrio in assenza di sovrappressioni idrostatiche.

In tali condizioni infatti anche la presenza di un ridotto apporto di acqua nelle fratture (documentate in *figura 2*) innesca il crollo. Per semplicità, viste anche le condizioni superficiali delle discontinuità, si è assunto che le fratture di ambedue i blocchi distaccabili avessero lo stesso comportamento ai fini dell'attribuzione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

Utilizzando i parametri di *Tabella 1* in assenza di acqua il valore del fattore di sicurezza è circa pari a 1. Tuttavia con una sovrappressione idraulica pari al 30% di quella massima possibile il fattore di sicurezza scenderebbe a 0.74. Questo risultato indica che anche solo con basse sovrappressioni il crollo si verifica.

Analisi del cuneo interno

In questa analisi si è notato che utilizzando nei calcoli le caratteristiche geotecniche del caso precedente i fattori di sicurezza sono risultati sempre inferiori ad 1, anche in assenza di acqua. Dato che evidentemente il cuneo non si era distaccato è stato necessario modificare l'analisi tenendo conto di un minimo di coesione presente sulle discontinuità. Si è considerata la discontinuità 2 dato che la discontinuità 1 coincide con quella del cuneo di dimensioni maggiori.

Descrizione	Dip (valori medi)	Dip direction (valori medi)	coesione (t/m ²)	f (°)
famiglia di discontinuità 1	75	155	0.1	38
famiglia di discontinuità 2	45	250	0.5	38
pendio	80	198		
piano superiore	15	198		
tension crack	85	198		
altezza fronte (m)	5			
posizione del tension crack rispetto al ciglio (m)	variabile			

Tabella 3 – Dati geometrici cuneo minore

L'analisi svolta ha previsto un'analisi parametrica facendo variare la coesione per portare il valore del fattore di sicurezza almeno in condizioni di equilibrio limite. Il peso del blocco varia da 15 t a 22 t a seconda della posizione che viene assunta per il giunto di trazione. Dall'analisi dell'equilibrio limite si è ottenuta la dimensione del blocco minore (figura 5)

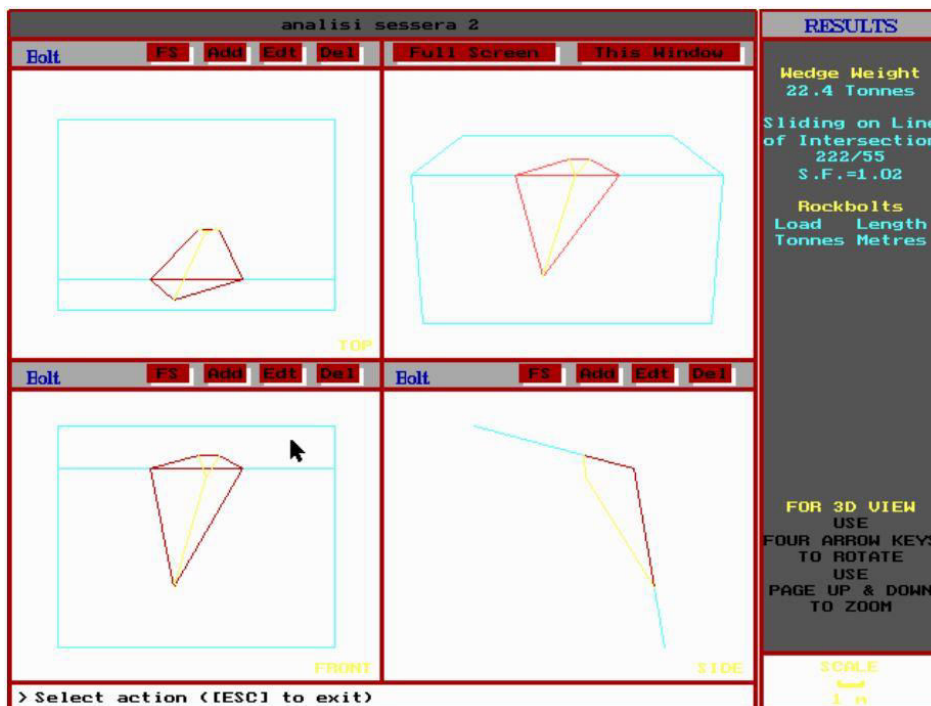


Figura 5 - Forma e dimensione del blocco minore

Introduzione

Il primo problema che si è posto è quello relativo alla scelta della soluzione ingegneristica da adottare. Si è scelto di intervenire per impedire lo scivolamento mediante l'impiego di elementi metallici di rinforzo e si è optato per l'utilizzo di tiranti permanenti a trefoli in roccia. Occorre dimensionare la forza stabilizzante esercitata dai tiranti.

Un parametro importante da discutere per progettare questo tipo di intervento è l'eventuale presenza di sovrappressioni idrauliche. Dal momento che si è riscontrato dalle analisi di stabilità che la presenza di sovrappressioni idrauliche abbassa sempre il fattore di sicurezza al di sotto di 1, ossia determina il crollo della struttura rocciosa, nei calcoli per l'individuazione della forza esercitata complessivamente sulla superficie rocciosa dai tiranti, che non deve in alcun caso permettere un crollo, si è assunto di essere in condizioni di completa saturazione.

Per una maggiore sicurezza è preferibile mantenere l'ammasso roccioso in condizioni drenate, pertanto si è prevista la realizzazione di un sistema di drenaggio in roccia. Tale sistema prevede tre fori drenanti di diametro 60 mm lunghi 5 metri e inclinati di circa 5° verso l'alto. I tre fori saranno collocati nel cuneo maggiore, di cui uno nel cuneo minore. Questo sistema di drenaggio garantisce che non si vengono a creare sovrappressioni all'interno di nessuno dei due meccanismi di collasso, presenti uno all'interno dell'altro, e nell'intero sistema roccioso.

Dai calcoli si è ottenuto che il blocco maggiore presenta un fattore di sicurezza pari a 1,01. Il blocco minore, che è una porzione del blocco maggiore, ha anch'esso un fattore di sicurezza di poco superiore ad 1. Si è pertanto in condizioni di stato limite e occorre intervenire aumentando il fattore di sicurezza. L'intervento con tiranti a trefoli ha l'obiettivo di innalzare il fattore di sicurezza di calcolo a 1,34 nel cuneo maggiore e 1,3 nel cuneo minore. Per ottenere questo è necessario applicare una forza inclinata di 10° verso il basso di 160 t sul cuneo maggiore e di 12 t sul cuneo minore.

Dato che i due meccanismi che possono attivare la rottura sono disposti uno dentro l'altro, occorre distribuire gli elementi di rinforzo in modo tale da riuscire a bloccare entrambi i cunei. Dal momento che il cuneo minore è inserito nel cuneo maggiore, i tiranti inseriti nel cuneo minore stabilizzeranno anche il cuneo maggiore. Si è ritenuto pertanto necessario collocare sei tiranti nel blocco maggiore, due dei quali sono posti sul blocco minore.

Ciascun tirante sarà pretensionato a 27 t. In questo modo sul cuneo maggiore sarà applicata una forza complessiva di 162 t, e sul cuneo minore una forza di 54 t. Tale forza è sovradimensionata al

Calcoli

Per ottenere la lunghezza del bulbo ancorato alla roccia sana si è fatto riferimento al Metodo 2 presente nelle raccomandazioni AGI – AICAP per il calcolo della resistenza limite allo sfilamento.

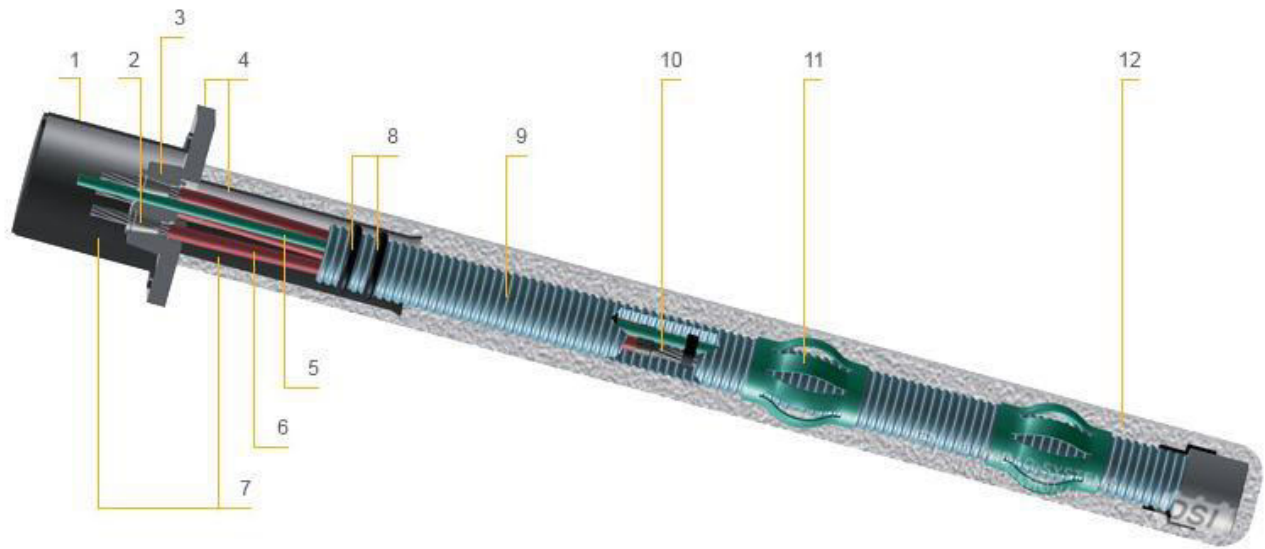
Verifica allo sfilamento

$$L_f = \frac{R_{a,c}}{\pi \cdot D_s \cdot \tau}$$

- $R_{a,c}$: La resistenza di progetto $R_{a,d}$ vale 265 kN. Moltiplicando tale valore per 1.2, ossia il coefficiente parziale per la resistenza di ancoraggi permanenti, si ottiene il valore di resistenza caratteristica R_{ak} . Per ottenere il valore limite della resistenza allo sfilamento $R_{a,c}$ si è moltiplicato tale valore per 1.8, ossia il fattore di correlazione derivante dal numero di profili di indagine effettuati, e si è ottenuto $R_{a,c} = 572.4$ kN.
- D_s : Il diametro reale della fondazione D_s è uguale a $D_s = \alpha_d \cdot D_d$, dove α_d è un coefficiente per la stima del diametro reale della fondazione, e nel caso di roccia fratturata vale $\alpha_d = 1,1$. Si utilizza un diametro nominale di perforazione D_d di 0.090 metri, pertanto si ottiene $D_s = 0.099$ metri.
- τ : Si è utilizzato il valore della tensione tangenziale di aderenza fondazione - terreno di 0.6 MPa, ottenuto dalle tabelle di Bustamante e Doix per la resistenza unitaria limite per rocce tenere e fratturate.

Dal calcolo della verifica allo sfilamento si ottiene un valore di lunghezza dell'ancoraggio $L_f = 3.07$ m. La lunghezza usata in situ sarà $L_f = 3.1$ metri.

Elaborato grafico con schema del tirante permanente a trefoli DYWIDAG (DCP).



- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1 - Calotta | 7 - Pasta anticorrosione |
| 2 - Cuneo | 8 - Guarnizioni |
| 3 - Disco | 9 - Guaina corrugata |
| 4 - Piastra con raccordo a tenuta | 10 - Trefolo nudo |
| 5 - Tubo iniezione | 11 - Centratore |
| 6 - Trefolo viplato e ingrassato | 12 - Bulbo iniettato |

Elaborato grafico 5 – Tirante permanente a trefoli DYWIDAG

	<ul style="list-style-type: none"> - La lunghezza di fondazione può essere preiniettata in stabilimento - Doppia Protezione Anticorrosione (DCP) con trefoli ingrassati e viplati singolarmente e racchiusi in unica guaina corrugate in stabilimento - Monitoraggio continuo della protezione tramite il sistema di isolamento elettrico - Facile installazione grazie al peso relativamente ridotto - Nessun limite pratico al carico utile grazie alla possibilità di variazione del numero di trefoli - Alta qualità, costantemente assicurata dal controllo interno ed esterno della produzione <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="5">CARATTERISTICHE</th> </tr> <tr> <th>Diametro nominale [mm]</th> <th>Qualità dell'acciaio [N/mm²]</th> <th>Area sezione [mm²]</th> <th>Carico di snervamento [kN]</th> <th>Carico ultimo [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.6"</td> <td>1570/1770</td> <td>140</td> <td>220</td> <td>248</td> </tr> </tbody> </table>	CARATTERISTICHE					Diametro nominale [mm]	Qualità dell'acciaio [N/mm ²]	Area sezione [mm ²]	Carico di snervamento [kN]	Carico ultimo [kN]	0.6"	1570/1770	140	220	248															
CARATTERISTICHE																															
Diametro nominale [mm]	Qualità dell'acciaio [N/mm ²]	Area sezione [mm ²]	Carico di snervamento [kN]	Carico ultimo [kN]																											
0.6"	1570/1770	140	220	248																											
<p>ROTO 60.24 MCSS</p>	<p>Scheda Tecnica:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Altezza Massima</td> <td>23.9 m</td> </tr> <tr> <td>Portata Massima</td> <td>6000 kg</td> </tr> <tr> <td>Portata Idraulica</td> <td>124 l</td> </tr> <tr> <td>Peso a vuoto</td> <td>18700 kg</td> </tr> <tr> <td>Larghezza</td> <td>2.49 m</td> </tr> <tr> <td>Lunghezza</td> <td>7.43 m</td> </tr> <tr> <td>Altezza</td> <td>3.1</td> </tr> <tr> <td>Motore – Potenza</td> <td>176 CV</td> </tr> <tr> <td>Velocità max</td> <td>40 Km/h</td> </tr> <tr> <td>Trasmissione</td> <td>Idrostatica 2V</td> </tr> <tr> <td>Livellamento</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Traslazione laterale</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Stabilizzatori</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Attacco a tre punti</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>PTO</td> <td>X</td> </tr> </table>	Altezza Massima	23.9 m	Portata Massima	6000 kg	Portata Idraulica	124 l	Peso a vuoto	18700 kg	Larghezza	2.49 m	Lunghezza	7.43 m	Altezza	3.1	Motore – Potenza	176 CV	Velocità max	40 Km/h	Trasmissione	Idrostatica 2V	Livellamento	V	Traslazione laterale	X	Stabilizzatori	V	Attacco a tre punti	X	PTO	X
Altezza Massima	23.9 m																														
Portata Massima	6000 kg																														
Portata Idraulica	124 l																														
Peso a vuoto	18700 kg																														
Larghezza	2.49 m																														
Lunghezza	7.43 m																														
Altezza	3.1																														
Motore – Potenza	176 CV																														
Velocità max	40 Km/h																														
Trasmissione	Idrostatica 2V																														
Livellamento	V																														
Traslazione laterale	X																														
Stabilizzatori	V																														
Attacco a tre punti	X																														
PTO	X																														

Metodologie

È necessario innanzitutto sottoporre a prove preliminari uno o più ancoraggi, secondo due possibili modalità di prova.

Tiranti di prova - Prova allo Sfilamento

La prova allo sfilamento ha lo scopo di determinare la tensione tangenziale limite convenzionale di aderenza tra la fondazione e il terreno, per il dimensionamento della fondazione degli ancoraggi definitivi. L'ancoraggio di prova ha un'armatura sovradimensionata in relazione al diametro di perforazione o, una lunghezza di fondazione ridotta rispetto agli ancoraggi definitivi, in modo tale che la resistenza allo sfilamento della fondazione possa essere raggiunta prima che si produca lo snervamento dell'armatura. Qualora questo non bastasse per produrre lo sfilamento occorre effettuare la prova su un ancoraggio con fondazione di lunghezza $L_{f \text{ prova}}$ ridotta rispetto alla lunghezza di progetto $L_{f \text{ prog}}$. In questo caso per mantenerlo alla stessa profondità occorre aumentare la lunghezza del tratto libero di un valore pari alla riduzione della lunghezza di fondazione, e la resistenza caratteristica per gli ancoraggi definitivi si stima amplificando la resistenza misurata di un fattore pari al rapporto delle lunghezze $L_{f \text{ prog}} / L_{f \text{ prova}}$.

Nel caso in questione per i tiranti di prova si manterranno i tiranti a due trefoli, in quanto il valore massimo calcolato di resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio, pari a 318 kN, è inferiore alla resistenza di snervamento dell'armatura, pari a 383 kN.

L'ancoraggio deve quindi essere sollecitato, in diversi step, con una velocità di applicazione del carico e dello scarico inferiore a 10 kN al minuto fino a raggiungere il massimo carico di prova possibile P_p , in modo da ottenere una tensione nell'armatura pari al 90% di quella di snervamento.

$$P_p = 0.9 \cdot R_{tk} = 0.9 \cdot A_s \cdot f_{yk}$$

Legenda:

- R_{tk} : valore caratteristico di resistenza dell'armatura all'ancoraggio
- A_s : area della sezione dell'armatura
- f_{yk} : tensione di snervamento tipica dell'acciaio

La prova prevede:

- tesatura fino a P_a ($50 \text{ kN} \leq P_a \leq 0.1 \cdot P_p$).
- tesatura per incrementi di carico pari a $0.1 P_p$ ogni minuto, fino al raggiungimento dello sfilamento o del carico di prova P_p .

Tiranti di prova - Prova di Idoneità

La prova di idoneità viene eseguita su un ancoraggio avente le medesime caratteristiche degli ancoraggi definitivi stabilite anche sulla base dei risultati della prova di sfilamento. Il carico di prova P_p coincide con il valore stimato della resistenza caratteristica dell'ancoraggio.

$$P_p = P_d \cdot \gamma_{Ra} \cdot \xi_{al}$$

Legenda:

- P_d : tiro di progetto
- γ_{Ra} : fattore parziale previsto per il tipo di ancoraggio
- ξ_{al} : fattore di correlazione derivante dal numero di ancoraggi di prova

L'ancoraggio deve quindi essere sollecitato, in diversi step, con una velocità di applicazione del carico e dello scarico inferiore a 10 kN al minuto.

La prova prevede:

- 1) tesatura fino al valore di allineamento P_a ($50 \text{ kN} \leq P_a \leq 0.1 \cdot P_p$). Questa configurazione dell'ancoraggio costituisce il riferimento geometrico per la misura degli allungamenti ΔL .
- 2) Tesatura con sei incrementi di carico fino al carico di prova P_p . Per ciascun livello di carico la forza dovrà essere mantenuta costante per un intervallo di tempo sufficiente a rilevare l'andamento degli allungamenti nel tempo. Per ogni singolo incremento di carico si dovranno rilevare gli allungamenti con i seguenti tempi di lettura (1, 2, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 minuti), fino almeno al valore di lettura indicato in *tabella 3*.

Fase di carico	Carico applicato	Durata minima del carico (min)
1	$0.25 P_p$	15
2	$0.40 P_p$	15
3	$0.55 P_p$	15
4	$0.70 P_p$	30
5	$0.85 P_p$	30
6	$1.00 P_p$	60

Tabella 4

Prove con tempi di osservazione brevi $t_{1\min}$ $t_{2\min}$ allungamento $\Delta\delta = \delta_2 - \delta_1$ (mm)	20 min 60 min ≤ 0.7 mm
Prove con tempi di osservazione lunghi $t_{2\min}$ rapporto di creep α	≥ 120 min ≤ 2 mm

- Se la lunghezza libera teorica L_t e la lunghezza libera apparente L_{app} dell'ancoraggio verificano le seguenti condizioni:

$$0.9 L_t \leq L_{app} \leq L_t + 0.5 L_f$$

Dove L_f è la lunghezza della fondazione dell'ancoraggio e L_{app} si ricava dalla seguente relazione

$$L_{app} = \frac{\Delta L \cdot A_s \cdot E_s}{P_p - P_a}$$

Legenda:

- A_s : area della sezione di armatura
- E_s : modulo elastico del materiale di armatura
- ΔL : allungamento elastico misurato al valore del tiro di prova
- P_p, P_a : tiro di prova e tiro di allineamento

In base al valore di resistenza misurata la prova consente di determinare il valore appropriato della resistenza caratteristica a sfilamento dell'ancoraggio e quindi di verificare che il tiro di progetto P_d risulti minore o uguale al valore di progetto della resistenza R_{ad} .

La tesatura del tirante deve avvenire per successivi incrementi di carico e con le seguenti modalità: raggiungimento del carico di esercizio, raggiungimento del carico di collaudo (pari a 1,2 volte il carico di esercizio), bloccaggio del tirante ad un carico inferiore pari al 15% di quello di esercizio. Ad ogni incremento di carico si dovranno misurare gli allungamenti subito dai trefoli in funzione dei carichi applicati.

- 9) Al termine dei lavori i tiranti devono essere sottoposti a collaudo, cioè ad una prova di tesatura non distruttiva per il controllo esecutivo di tutti gli ancoraggi tramite un ciclo semplice di carico e scarico (vedi **Collaudo**).

I dati raccolti consentono di:

- Tracciare il diagramma degli allungamenti in funzione del carico
- Determinare il valore di α al carico di collaudo
- Determinare l'entità dell'allungamento al carico di collaudo ΔL_{Pc}
- Determinare il valore dell'allungamento permanente ΔL_{per}
- Determinare la lunghezza libera apparente L_{app}

Per l'accettazione del singolo ancoraggio devono essere verificate le seguenti condizioni:

1) Sul comportamento dell'ancoraggio nel tempo:

- o il valore degli allungamenti ΔL_{Pc} o del rapporto di creep α devono risultare contenuti entro i limiti previsti dalla tabella 6

Carico di Prova	P_c
Prove rapide	
t_{1min}	2
t_{2min}	5
allungamento $\Delta L = L_2 - L_1$ (mm)	≤ 0.5
Prove con tempi di osservazione lunghi	
t_{2min}	≥ 30
rapporto di creep α	≤ 2.0

- o L'allungamento permanente ΔL_{per} deve essere contenuto entro valori limiti fissati dal progettista ed in ogni caso non deve superare il 10% dell'allungamento elastico ΔL .

2) Sulla lunghezza libera apparente deve verificare le seguenti condizioni:

$$0.9 \cdot L_t \leq L_{app} \leq L_t + 0.5 \cdot L_f$$

in cui L_{app} è data in prima approssimazione dalle espressioni di seguito riportate:

$$L_{app} = \frac{\Delta L_0 \cdot A_s \cdot E_s}{P_p - P_a - \Delta P_f}$$

Dove ΔP_f è un termine che rappresenta la forza di attrito che si sviluppa lungo il tratto libero e può essere trascurata quando è inferiore al 5% del carico di prova; se

Elenco Prezzi

Le voci sono tratte dal Prezziario 2016 della Regione Piemonte. I prezzi sono comprensivi del 24,30% (13% + 10%) per spese generali e utili d'impresa.

Per le voci relative al noleggio del sollevatore telescopico e della slitta con kit da perforazione si consiglia di contattare le rispettive ditte per un preventivo accurato. Si sono tuttavia riportate le voci più simili individuate sul prezziario della Regione Val d'Aosta, al solo fine di avere un'approssimazione del costo complessivo dell'opera.

Sez.	Codice	Descrizione	U. M.	Euro
PREZZIARIO REGIONE PIEMONTE 2016				
01	01.A02.E10	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unità di decontaminazione provvista di almeno tre aree quali locale spogliatoio, locale doccia con acqua calda e fredda, locale equipaggiamento e di una unità di filtraggio acqua oltre a tutto quanto richiesto dalla legislazione vigente in materia		
01	01.A02.E10.005	Compreso il trasporto e il noleggio per tutta la durata dei lavori	Cad.	1645,35
18	18.A20.B10	Esecuzione di tiranti definitivi con doppia guaina ed iniezioni ripetute, perforazione a roto - percussione con batteria perforante diametro 90 - 140 mm attraverso murature e terreni di qualsiasi natura e consistenza, compresa l'iniezione cementizia, compresa altresì la fornitura e posa della armatura delle piastre d'ancoraggio delle testate, dadi di bloccaggio nonché la messa in tensione finale esclusa la formazione dei ponteggi ed il rivestimento, ove necessario, dei tiranti:		
18	18.A20.B10.005	per tiranti capaci di 30 t	m	91,82
25	25.A02.A05	SGOMBERO		
25	25.A02.A05.005	SGOMBERO MATERIALI FRANATI CON TRASPORTO A DISCARICA. Sgombero di materiali franati di qualsiasi natura e forma con trasporto a riutilizzo od a rifiuto fino a 5 km dal punto più vicino al cantiere	m ³	4,07
25	25.A05.A00	PERFORAZIONI SUBORIZZONTALI IN QUALSIASI MATERIA. Perforazioni orizzontali o suborizzontali in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso murature, trovanti e roccia da mina, anche in presenza d'acqua eseguita a qualsiasi profondità e per qualsiasi inclinazione sull'orizzontale, a rotazione o		

Computo Metrico

Le voci sono tratte dal Prezziario 2016 della Regione Piemonte. I prezzi sono comprensivi del 24,30% (13% + 10%) per spese generali e utili d'impresa. Per le voci relative al noleggio del sollevatore telescopico e della slitta con kit da perforazione si consiglia di contattare le rispettive ditte per un preventivo accurato. Si sono tuttavia riportate le voci più simili individuate sul prezziario della Regione Val d'Aosta, al solo fine di avere un'approssimazione del costo complessivo dell'opera.

Sez	Codice	Descrizione	U M	Qtà	Prezzo unitario (€)	Importo (€)
PREZZIARIO REGIONE PIEMONTE 2016						
01	01.A02.E10	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unita' di decontaminazione provvista di almeno tre aree quali locale spogliatoio, locale doccia con acqua calda e fredda, locale equipaggiamento e di una unità di filtraggio acqua oltre a tutto quanto richiesto dalla legislazione vigente in materia				
01	01.A02.E10.005	Compreso il trasporto e il noleggio per tutta la durata dei lavori	Cad.	1	1645,35	1.645,35
18	18.A20.B10	Esecuzione di tiranti definitivi con doppia guaina ed iniezioni ripetute, perforazione a roto - percussione con batteria perforante diametro 90 - 140 mm attraverso murature e terreni di qualsiasi natura e consistenza, compresa l'iniezione cementizia, compresa altresì la fornitura e posa della armatura delle piastre d'ancoraggio delle testate, dadi di bloccaggio nonché la messa in tensione finale esclusa la formazione dei ponteggi ed il rivestimento, ove necessario, dei tiranti:				
18	18.A20.B10.005	per tiranti capaci di 30 t	m	54	91,82	4.958,28
25	25.A02.A05	SGOMBERO				
25	25.A02.A05.005	SGOMBERO MATERIALI FRANATI CON TRASPORTO A DISCARICA. Sgombero di materiali franati di qualsiasi natura e forma con trasporto a riutilizzo od a rifiuto fino a 5 km dal	m ³	6	4,07	24,42

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**



Relazione Tecnica INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DI UN PENDIO

Firmatari:

Enrico Solazzo (matr.233277)

Federico Cavallo (matr. 180421)

Tiziano Sandri (matr. 233151)

Anno accademico 2016-2017

Sommario

Premessa	3
Norme e riferimenti bibliografici	4
Introduzione	5
Calcoli.....	7
Calcolo tramite il metodo dell'equilibrio limite	7
Calcolo del tiro.....	8
Calcolo della lunghezza dei tiranti.....	8
Verifica allo sfilamento dei tiranti nell'ammasso detritico.....	8
Verifica allo sfilamento dei tiranti nella roccia di base	9
Elaborati Grafici	10
Tabella dei Materiali.....	12
Metodologie.....	15
Tiranti di prova - Prova allo Sfilamento	15
Tiranti di prova - Prova di Idoneità.....	16
Metodologie Esecutive.....	19
Collaudo.....	21
Elenco Prezzi	24
Computo Metrico	26

Norme e riferimenti bibliografici

- “Norme tecniche per le costruzioni” D.M. 14 gennaio 2008;
- Associazione Geotecnica Italiana – Roma, Associazione Italiana Calcestruzzo Armato e Precompresso – Roma, (2012), “Ancoraggi nei Terreni e nelle Rocce – Raccomandazioni”, Edizioni AGI – AICAP Roma;
- DYWIDAG S.P.A., (2017), DYWIDAG “Prodotti per la Geotecnica”;

muro la prima fila sarà posta a 1 metro dalla base e la seconda fila si troverà ad una distanza di 2 metri dalla prima. Vedi Elaborato grafico 2.

Nella scelta progettuale dei trefoli da utilizzare nell'intervento si è deciso di usare un acciaio a bassissima corrosione che garantisca una buona durabilità dell'opera. Si è optato pertanto per tiranti di acciaio DYWIDAG, aventi trefoli di diametro 0,6".

Sul muro la lunghezza complessiva di ogni tirante sarà 12 metri: 9 metri di lunghezza libera (8,2 metri attraverso la roccia fratturata fino alla roccia sana e 0,8 metri di buono) e 3,00 metri di ancoraggio nella roccia non fratturata.

Nel banco di gneiss la lunghezza complessiva di ogni tirante sarà 12,5 metri: 6,30 metri di lunghezza libera (5,5 metri attraverso la roccia fratturata fino alla roccia sana e 0,8 metri di buono) e 6,20 metri di ancoraggio nella roccia non fratturata.

Per la perforazione sulla parete rocciosa si consiglia l'impiego di un sollevatore telescopico, individuato in ROTO 60.24 MCSS della ditta Merlo S.p.A. dotati di stabilizzatori, avente capacità di sollevamento di 6 t e dotato di braccio telescopico che raggiunge un'altezza massima di 24 metri. Sull'estremità del braccio telescopico sarà piazzata una slitta, ed è stata individuata la slitta SPEEDY DRILL 180 parte del kit di perforazione a fondo foro EX 180LDTH, entrambi prodotti della ditta Ripamonti Dr. Gianni S.r.l, avente diametro di perforazione di 90 mm. Il cantiere realizzato sarà comprensivo quanto richiesto dalla legislazione vigente in materia.

Calcolo del tiro

Per il calcolo del tiro dei tiranti si è utilizzato il precedente metodo dell'equilibrio limite considerando il tiro come la forza inclinata di un angolo δ rispetto all'orizzontale che garantisce di raggiungere il fattore di sicurezza voluto.

$$FS = \frac{[(W - k_v W) \cos \alpha - k_v W \sin \alpha + T \sin \delta] \tan \beta}{(W - k_h W) \sin \alpha - k_h W \cos \alpha - T \cos \delta}$$

Inserendo $FS=1,5$ e $\delta=20^\circ$ e utilizzando i dati precedenti si è ottenuto che in ogni settore per stabilizzare il muro alto 4 metri occorre applicare un tiro di 362 kN e per stabilizzare la roccia di base alta 8 metri occorre applicare un tiro di 1907 kN.

Calcolo della lunghezza dei tiranti

Per ottenere la lunghezza del bulbo ancorato alla roccia sana si è fatto riferimento al Metodo 2 presente nelle raccomandazioni AGI – AICAP per il calcolo della resistenza limite allo sfilamento.

Verifica allo sfilamento dei tiranti nell'ammasso detritico

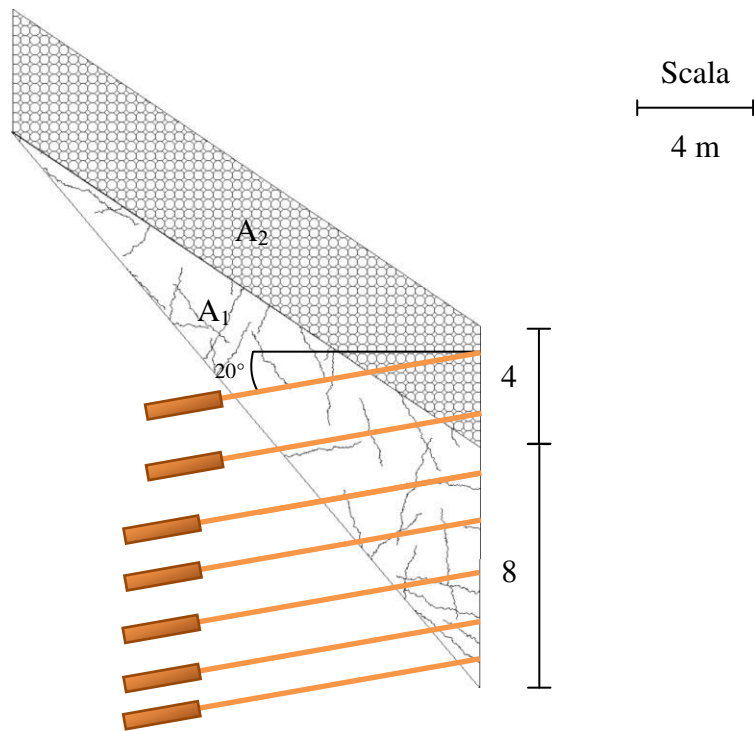
$$L_f = \frac{R_{a,c}}{\pi \cdot D_s \cdot \tau}$$

- $R_{a,c}$: La resistenza di progetto $R_{a,d}$ vale 187 kN. Moltiplicando tale valore per 1,2, ossia il coefficiente parziale per la resistenza di ancoraggi permanenti, si ottiene il valore di resistenza caratteristica $R_{a,k}$. Per ottenere il valore limite della resistenza allo sfilamento $R_{a,c}$ si è moltiplicato tale valore per 1,8, ossia il fattore di correlazione derivante dal numero di profili di indagine effettuati, e si è ottenuto $R_{a,c} = 404$ kN.
- D_s : Il diametro reale della fondazione D_s è uguale a $D_s = \alpha_d \cdot D_d$, dove α_d è un coefficiente per la stima del diametro reale della fondazione, e nel caso di roccia fratturata, dov'è ubicato l'ancoraggio, vale $\alpha_d = 1,1$. Si utilizza un diametro nominale di perforazione D_d di 0,090 metri, pertanto si ottiene $D_s = 0,099$ metri.
- τ : Si è utilizzato il valore della tensione tangenziale di aderenza fondazione - terreno di 0,43 MPa, ottenuto dalle tabelle di Bustamante e Doix per la resistenza unitaria limite per rocce tenere e fratturate utilizzando il valore di pressione limite ottenuto dalla prova pressiométrica di Menard.

Dal calcolo della verifica allo sfilamento si ottiene un valore di lunghezza dell'ancoraggio $L_f = 3,02$ m. La lunghezza usata in situ sarà $L_f = 3$ metri.

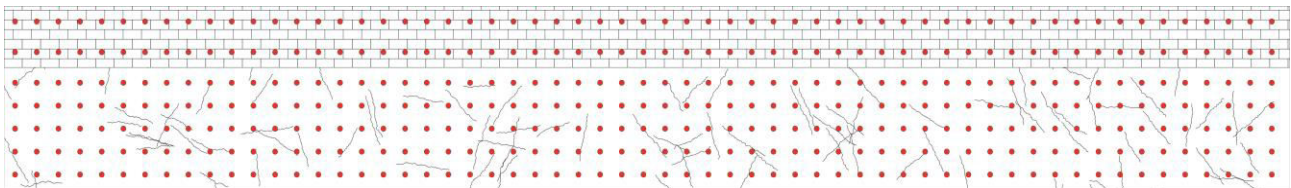
Elaborati Grafici

Elaborato grafico con posizionamento dei tiranti sulla parete e la loro inclinazione.



Elaborato grafico 1 – Vista in sezione

Elaborato grafico: vista di fronte del posizionamento dei tiranti su tutta la parete.



Elaborato grafico 2 - Vista di fronte

Tabella dei Materiali

MATERIALI	CARATTERISTICHE TECNICHE																																																												
Malta cementizia	Realizzata con rapporto acqua-cemento 0,5 in peso.																																																												
Cemento	<p style="text-align: center;">TENACEM 42,5 R CEMENTO PORTLAND ALLA POZZOLANA EN 197-1 CEM II/B-P 42,5 R</p> <p>Conformemente alla composizione prescritta dalla norma UNI EN 197/1, questo cemento, dotato del marchio CE come previsto dalla Direttiva comunitaria 305/2011 (CPR) (riferita cioè al nucleo del cemento ad esclusione del solfato di calcio e degli additivi), contiene Clinker dal 65% ÷ 79%, pozzolana naturale dal 21% ÷ 35%, ed eventuali costituenti secondari minori. Classe di resistenza C40/C50.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">CARATTERISTICHE</th> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Chimiche</th> </tr> <tr> <th style="width: 25%;">Descrizione</th> <th style="width: 25%;">Metodo di prova</th> <th style="width: 25%;">Valori indicativi (medi su base annua)</th> <th style="width: 25%;">Limiti caratteristici di norma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Solfati (SO₃)</td> <td>UNI EN 196/2</td> <td>< 2,5%</td> <td>≤ 4,0%</td> </tr> <tr> <td>Cloruri (Cl⁻)</td> <td>UNI EN 196/21</td> <td>< 0,05%</td> <td>≤ 0,1%</td> </tr> <tr> <td>Cromo esavalente solubile</td> <td>UNI EN 196/10</td> <td>≤ 0,0001%</td> <td>< 0,0002%</td> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Fisiche</th> </tr> <tr> <th style="width: 25%;">Descrizione</th> <th style="width: 25%;">Metodo di prova</th> <th style="width: 25%;">Valori indicativi (medi su base annua)</th> <th style="width: 25%;">Limiti caratteristici di norma</th> </tr> <tr> <td>Superficie specifica Blaine</td> <td>UNI EN 196/6</td> <td>4000 / 4400 cmq/g</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tempo di inizio presa</td> <td>UNI EN 196/3</td> <td>> 120 minuti</td> <td>≥ 60 minuti</td> </tr> <tr> <td>Stabilità</td> <td>UNI EN 196/3</td> <td>0 mm</td> <td>≤ 10 mm</td> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Meccaniche</th> </tr> <tr> <th style="width: 40%;">Descrizione</th> <th style="width: 20%;">Valori indicativi medi</th> <th colspan="2" style="width: 40%;">Limiti caratteristici di norma</th> </tr> <tr> <td>Resistenza a compressione dopo stagionatura 2gg - UNI EN 196/1</td> <td>25,0 Mpa</td> <td colspan="2">≥ 20,0 Mpa</td> </tr> <tr> <td>Resistenza a compressione dopo stagionatura 28gg - UNI EN 196/1</td> <td>50,0 Mpa</td> <td colspan="2">≥ 42,5 Mpa ≤ 62,5 Mpa</td> </tr> </tbody> </table>	CARATTERISTICHE				Chimiche				Descrizione	Metodo di prova	Valori indicativi (medi su base annua)	Limiti caratteristici di norma	Solfati (SO ₃)	UNI EN 196/2	< 2,5%	≤ 4,0%	Cloruri (Cl ⁻)	UNI EN 196/21	< 0,05%	≤ 0,1%	Cromo esavalente solubile	UNI EN 196/10	≤ 0,0001%	< 0,0002%	Fisiche				Descrizione	Metodo di prova	Valori indicativi (medi su base annua)	Limiti caratteristici di norma	Superficie specifica Blaine	UNI EN 196/6	4000 / 4400 cmq/g		Tempo di inizio presa	UNI EN 196/3	> 120 minuti	≥ 60 minuti	Stabilità	UNI EN 196/3	0 mm	≤ 10 mm	Meccaniche				Descrizione	Valori indicativi medi	Limiti caratteristici di norma		Resistenza a compressione dopo stagionatura 2gg - UNI EN 196/1	25,0 Mpa	≥ 20,0 Mpa		Resistenza a compressione dopo stagionatura 28gg - UNI EN 196/1	50,0 Mpa	≥ 42,5 Mpa ≤ 62,5 Mpa	
CARATTERISTICHE																																																													
Chimiche																																																													
Descrizione	Metodo di prova	Valori indicativi (medi su base annua)	Limiti caratteristici di norma																																																										
Solfati (SO ₃)	UNI EN 196/2	< 2,5%	≤ 4,0%																																																										
Cloruri (Cl ⁻)	UNI EN 196/21	< 0,05%	≤ 0,1%																																																										
Cromo esavalente solubile	UNI EN 196/10	≤ 0,0001%	< 0,0002%																																																										
Fisiche																																																													
Descrizione	Metodo di prova	Valori indicativi (medi su base annua)	Limiti caratteristici di norma																																																										
Superficie specifica Blaine	UNI EN 196/6	4000 / 4400 cmq/g																																																											
Tempo di inizio presa	UNI EN 196/3	> 120 minuti	≥ 60 minuti																																																										
Stabilità	UNI EN 196/3	0 mm	≤ 10 mm																																																										
Meccaniche																																																													
Descrizione	Valori indicativi medi	Limiti caratteristici di norma																																																											
Resistenza a compressione dopo stagionatura 2gg - UNI EN 196/1	25,0 Mpa	≥ 20,0 Mpa																																																											
Resistenza a compressione dopo stagionatura 28gg - UNI EN 196/1	50,0 Mpa	≥ 42,5 Mpa ≤ 62,5 Mpa																																																											
Ancoraggi a trefoli DYWIDAG	<p>I vantaggi essenziali degli ancoraggi definitivi secondo DIN 4125 (DCP) a trefoli DYWIDAG sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema a lunga durata per uso permanente (più di 100 anni) - Trasportabili in grandi lunghezze - Spazio contenuto per trasporto, stoccaggio e installazione - Insensibili ai danneggiamenti grazie alle buona duttilità del trefolo - Lunghezze flessibili con semplice accorciamento dei trefoli 																																																												

	Rotazione torretta	V
EX 180LDTH	Scheda Tecnica:	
	Main frame	EX180L
	Mast	SPEEDY DRILL 180
	Suggested excavator	> 5 t
	Oil Flow Required min.	80 L/min
	Proportional Distributor	5; 8
	Maximum Stroke	1500mm/3000mm
	Pull Back	1500 kg
	Rotary head	RP100; RP200; RP300
	Anchor drifter	HD 1200
	Drilling diameter	> 140 mm
	Thread	RD40/RD50/ 2.3/8 API reg
	Remote Control	YES
	Clamp	25-90

Tiranti di prova - Prova di Idoneità

La prova di idoneità viene eseguita su un ancoraggio avente le medesime caratteristiche degli ancoraggi definitivi stabilite anche sulla base dei risultati della prova di sfilamento. Il carico di prova P_p coincide con il valore stimato della resistenza caratteristica dell'ancoraggio.

$$P_p = P_d \cdot \gamma_{Ra} \cdot \xi_{al}$$

Legenda:

- P_d : tiro di progetto
- γ_{Ra} : fattore parziale previsto per il tipo di ancoraggio
- ξ_{al} : fattore di correlazione derivante dal numero di ancoraggi di prova

L'ancoraggio deve quindi essere sollecitato, in diversi step, con una velocità di applicazione del carico e dello scarico inferiore a 10 kN al minuto.

La prova prevede:

- 1) tesatura fino al valore di allineamento P_a ($50 \text{ kN} \leq P_a \leq 0.1 \cdot P_p$). Questa configurazione dell'ancoraggio costituisce il riferimento geometrico per la misura degli allungamenti ΔL .
- 2) Tesatura con sei incrementi di carico fino al carico di prova P_p . Per ciascun livello di carico la forza dovrà essere mantenuta costante per un intervallo di tempo sufficiente a rilevare l'andamento degli allungamenti nel tempo. Per ogni singolo incremento di carico si dovranno rilevare gli allungamenti con i seguenti tempi di lettura (1, 2, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 minuti), fino almeno al valore di lettura indicato in *tabella 3*.

Fase di carico	Carico applicato	Durata minima del carico (min)
1	$0.25 P_p$	15
2	$0.40 P_p$	15
3	$0.55 P_p$	15
4	$0.70 P_p$	30
5	$0.85 P_p$	30
6	$1.00 P_p$	60

Tabella 4

Prove con tempi di osservazione brevi $t_{1\min}$ $t_{2\min}$ allungamento $\Delta\delta = \delta_2 - \delta_1$ (mm)	20 min 60 min ≤ 0.7 mm
Prove con tempi di osservazione lunghi $t_{2\min}$ rapporto di creep α	≥ 120 min ≤ 2 mm

- Se la lunghezza libera teorica L_t e la lunghezza libera apparente L_{app} dell'ancoraggio verificano le seguenti condizioni:

$$0.9 L_t \leq L_{app} \leq L_t + 0.5 L_f$$

Dove L_f è la lunghezza della fondazione dell'ancoraggio e L_{app} si ricava dalla seguente relazione

$$L_{app} = \frac{\Delta L \cdot A_s \cdot E_s}{P_p - P_a}$$

Legenda:

- A_s : area della sezione di armatura
- E_s : modulo elastico del materiale di armatura
- ΔL : allungamento elastico misurato al valore del tiro di prova
- P_p, P_a : tiro di prova e tiro di allineamento

In base al valore di resistenza misurata la prova consente di determinare il valore appropriato della resistenza caratteristica a sfilamento dell'ancoraggio e quindi di verificare che il tiro di progetto P_d risulti minore o uguale al valore di progetto della resistenza R_{ad} .

15% di quello di esercizio. Ad ogni incremento di carico si dovranno misurare gli allungamenti subiti dai trefoli in funzione dei carichi applicati.

- 8) Al termine dei lavori i tiranti devono essere sottoposti a collaudo, cioè ad una prova di tesatura non distruttiva per il controllo esecutivo di tutti gli ancoraggi tramite un ciclo semplice di carico e scarico (vedi **Collaudo**).

I dati raccolti consentono di:

- Tracciare il diagramma degli allungamenti in funzione del carico
- Determinare il valore di α al carico di collaudo
- Determinare l'entità dell'allungamento al carico di collaudo ΔL_{Pc}
- Determinare il valore dell'allungamento permanente ΔL_{per}
- Determinare la lunghezza libera apparente L_{app}

Per l'accettazione del singolo ancoraggio devono essere verificate le seguenti condizioni:

1) Sul comportamento dell'ancoraggio nel tempo:

- il valore degli allungamenti ΔL_{Pc} o del rapporto di creep α devono risultare contenuti entro i limiti previsti dalla tabella 6

Carico di Prova	P_c
Prove rapide	
t_{1min}	2
t_{2min}	5
allungamento $\Delta L = L_2 - L_1$ (mm)	≤ 0.5
Prove con tempi di osservazione lunghi	
t_{2min}	≥ 30
rapporto di creep α	≤ 2.0

- L'allungamento permanente ΔL_{per} deve essere contenuto entro valori limiti fissati dal progettista ed in ogni caso non deve superare il 10% dell'allungamento elastico ΔL .

2) Sulla lunghezza libera apparente deve verificare le seguenti condizioni:

$$0.9 \cdot L_t \leq L_{app} \leq L_t + 0.5 \cdot L_f$$

in cui L_{app} è data in prima approssimazione dalle espressioni di seguito riportate:

$$L_{app} = \frac{\Delta L_0 \cdot A_s \cdot E_s}{P_p - P_a - \Delta P_f}$$

Dove ΔP_f è un termine che rappresenta la forza di attrito che si sviluppa lungo il tratto libero e può essere trascurata quando è inferiore al 5% del carico di prova; se

Elenco Prezzi

Le voci sono tratte dal Prezziario 2016 della Regione Piemonte. I prezzi sono comprensivi del 24,30% (13% + 10%) per spese generali e utili d'impresa.

Per le voci relative al noleggio del sollevatore telescopico e della slitta con kit da perforazione si consiglia di contattare le rispettive ditte per un preventivo accurato. Si sono tuttavia riportate le voci più simili individuate sul prezziario della Regione Val d'Aosta, al solo fine di avere un'approssimazione del costo complessivo dell'opera.

Sez.	Codice	Descrizione	U. M.	Euro
PREZZIARIO REGIONE PIEMONTE 2016				
01	01.A02.E10	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unità di decontaminazione provvista di almeno tre aree quali locale spogliatoio, locale doccia con acqua calda e fredda, locale equipaggiamento e di una unità di filtraggio acqua oltre a tutto quanto richiesto dalla legislazione vigente in materia		
01	01.A02.E10.005	Compreso il trasporto e il noleggio per tutta la durata dei lavori	Cad.	1645,35
18	18.A20.B10	Esecuzione di tiranti definitivi con doppia guaina ed iniezioni ripetute, perforazione a roto - percussione con batteria perforante diametro 90 - 140 mm attraverso murature e terreni di qualsiasi natura e consistenza, compresa l'iniezione cementizia, compresa altresì la fornitura e posa della armatura delle piastre d'ancoraggio delle testate, dadi di bloccaggio nonché la messa in tensione finale esclusa la formazione dei ponteggi ed il rivestimento, ove necessario, dei tiranti:		
18	18.A20.B10.005	per tiranti capaci di 30 t	m	91,82
18	18.A20.B10.010	per tiranti capaci di 45 t	m	100,36
25	25.A02.A05	SGOMBERO		
25	25.A02.A05.005	SGOMBERO MATERIALI FRANATI CON TRASPORTO A DISCARICA. Sgombero di materiali franati di qualsiasi natura e forma con trasporto a riutilizzo od a rifiuto fino a 5 km dal punto più vicino al cantiere	m ³	4,07
PREZZIARIO REGIONE VAL D'AOSTA 2015				
	N00.A40	Nolo autogru con stabilizzatori a trave telescopica con sfilamento orizzontale e cilindri d'appoggio, con comandi indipendenti per ogni movimento, manovrabili dalla cabina o torretta; il braccio a più		

Computo Metrico

Le voci sono tratte dal Prezziario 2016 della Regione Piemonte. I prezzi sono comprensivi del 24,30% (13% + 10%) per spese generali e utili d'impresa.

Per le voci relative al noleggio del sollevatore telescopico e della slitta con kit da perforazione si consiglia di contattare le rispettive ditte per un preventivo accurato. Si sono tuttavia riportate le voci più simili individuate sul prezziario della Regione Val d'Aosta, al solo fine di avere un'approssimazione del costo complessivo dell'opera.

Sez	Codice	Descrizione	U M	Qtà	Prezzo unitario (€)	Importo (€)
PREZZIARIO REGIONE PIEMONTE 2016						
01	01.A02.E10	Allestimento di cantiere comprendente la collocazione di una unità di decontaminazione provvista di almeno tre aree quali locale spogliatoio, locale doccia con acqua calda e fredda, locale equipaggiamento e di una unità di filtraggio acqua oltre a tutto quanto richiesto dalla legislazione vigente in materia				
01	01.A02.E10.005	Compreso il trasporto e il noleggio per tutta la durata dei lavori	Cad.	1	1645,35	1.645,35
18	18.A20.B10	Esecuzione di tiranti definitivi con doppia guaina ed iniezioni ripetute, perforazione a roto - percussione con batteria perforante diametro 90 - 140 mm attraverso murature e terreni di qualsiasi natura e consistenza, compresa l'iniezione cementizia, compresa altresì la fornitura e posa della armatura delle piastre d'ancoraggio delle testate, dadi di bloccaggio nonché la messa in tensione finale esclusa la formazione dei ponteggi ed il rivestimento, ove necessario, dei tiranti:				
18	18.A20.B10.005	per tiranti capaci di 30 t	m	1440	91,82	132.220,80
18	18.A20.B10.010	per tiranti capaci di 45 t	m	2250	100,36	225.810,00
25	25.A02.A05	SGOMBERO				
25	25.A02.A05.005	SGOMBERO MATERIALI FRANATI CON TRASPORTO A DISCARICA. Sgombero di	m ³	93,6	4,07	380,95

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**



**Relazione Tecnica
CONSOLIDAMENTO DI UN POZZO DI FONDAZIONE PER LA PILA DI
UN VIADOTTO IN TERRENO ALLUVIONALE SOTTO FALDA**

Firmatari:

Enrico Solazzo (matr.233277)

Federico Cavallo (matr. 180421)

Tiziano Sandri (matr. 233151)

Anno accademico 2016-2017

Sommario

Premessa	3
Norme e riferimenti bibliografici	4
Introduzione	5
Calcoli.....	8
Elaborati Grafici	10
Tabella dei Materiali.....	12
Metodologie Esecutive	16
Elenco Prezzi	18
Computo Metrico	20

Norme e riferimenti bibliografici

- “Norme tecniche per le costruzioni” D.M. 14 Gennaio 2008;
- Eurocodice

Data la geometria dell'intervento si sono eseguiti i calcoli utilizzando il modello del "tubo spesso".

L'iniezione ha come obiettivo il raggiungimento di un fattore di sicurezza pari a 1.5, che si ottiene migliorando la coesione del terreno fino a un valore di 345 kN/m^2 e il trattamento d'iniezione deve avere uno spessore di 2.5 metri.

Per ottenere questo risultato si è deciso che le perforazioni nelle quali collocare le canne devono avere una profondità di 15 metri, un diametro di perforazione di 80 mm, ed essere realizzate lungo tre cerchi concentrici attorno al centro del cordolo circolare (vedi Figura 4). Il primo cerchio dista 5 m dal centro dello scavo, il secondo cerchio dista 5.75 m e il terzo cerchio dista 6.5 m. Lungo ogni cerchio le perforazioni saranno effettuate a una distanza di 0.75 metri l'una dall'altra, in modo da avere una compenetrazione tra le colonne di iniezione. Nel primo cerchio, il più interno, saranno quindi effettuate 42 perforazioni, nel secondo cerchio saranno effettuate 48 perforazioni e nel terzo cerchio, il più esterno, saranno effettuate 54 perforazioni (vedi Elaborato grafico 1). Per le perforazioni si consiglia l'impiego della perforatrice pneumatica con martello fondo foro BIRDIE 500 della ditta Ripamonti Dr. Gianni Srl, impiegando un diametro di perforazione di 80 mm.

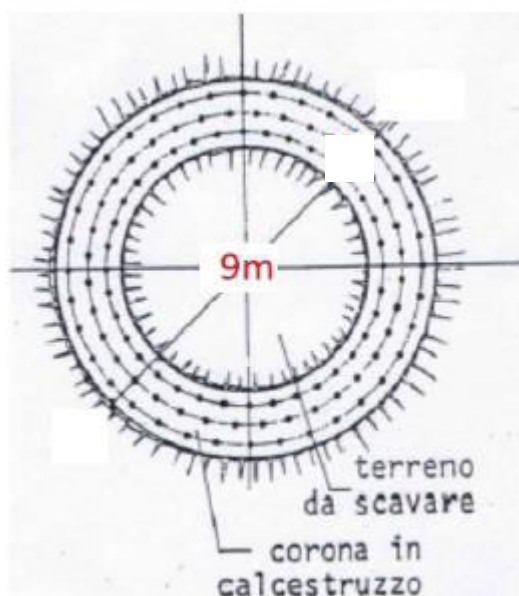


Figura 4 – Vista dall'alto della geometria delle perforazioni

Si avrà quindi un totale di 144 perforazioni nelle quali saranno inserite le canne a manchette. Si è scelto di utilizzare il modello di canna a manchette avente due valvole al metro e una lunghezza di 15 metri. Ogni canna avrà quindi 30 valvole.

Occorre definire la quantità e la tipologia di miscela da iniettare. Il volume complessivo occupato dalla corona circolare è 1345 m^3 . Moltiplicando tale valore per l'indice dei vuoti $k=0.23$ si ottiene che il volume totale dei vuoti è 309.35 m^3 .

Calcoli

Per prima cosa si è calcolata la spinta totale che agisce sulla superficie esterna della corona circolare. Tale spinta P_0 è pari alla somma del carico litostatico orizzontale del terreno $\sigma_h = 70.8$ kPa, che si è ottenuto moltiplicando il carico litostatico verticale $\sigma_v = 285$ kPa per il coefficiente di spinta attiva $K_a = 0.25$, e della spinta esercitata dall'acqua $u = 150$ kPa. Pertanto la spinta totale $P_0 = 220.8$ kPa. Dal momento che la profondità dell'opera di fondazione è relativamente bassa, si è assunto che le spinte agenti sulla superficie della corona circolare siano costanti su tutta la struttura e sono state dimensionate considerando la massima spinta.

Occorre ora stabilire lo spessore della corona circolare e , dal momento che il raggio interno $a = 4.5$ m è noto, occorre determinare il raggio esterno b . La procedura seguita per determinare il valore ottimale di b in funzione della distribuzione degli sforzi all'interno dell'anello è quella che segue il metodo del tubo spesso.

Stabilito un primo valore di b pari a 7 m, quindi uno spessore di 2.5 m, si è valutato sul piano di Mohr l'andamento delle tensioni al variare del raggio r all'interno della corona circolare. Si sono valutati i cerchi di Mohr per valori di r pari a 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7 m (vedi figura 5).

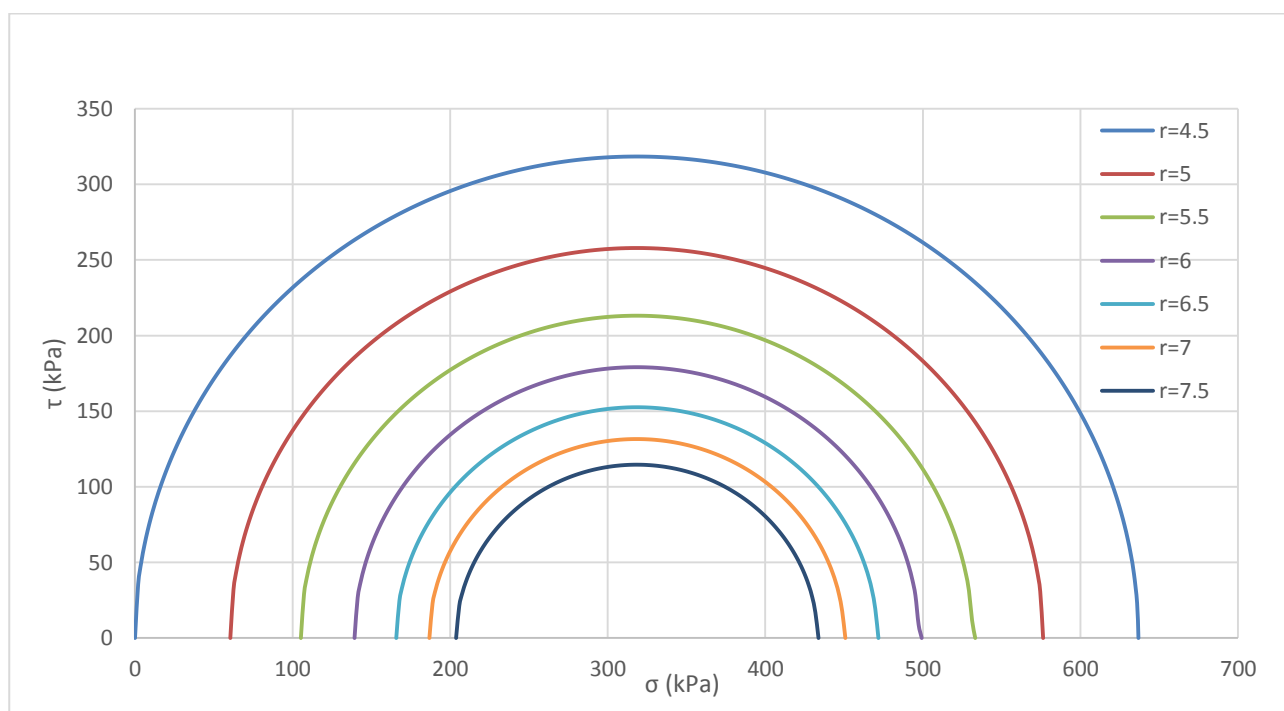


Figura 5 – stato tensionale all'interno dell'anello

Il cerchio che si è scelto per rappresentare lo stato tensionale relativo a questo spessore è il più critico, cioè il cerchio con $r = 4.5$ m, ed è stato inserito nel grafico di figura 5. La medesima procedura è stata eseguita poi per diversi spessori, si è verificato che il cerchio più critico è sempre

Elaborati Grafici

Elaborato grafico con posizionamento dei tiranti sulla parete e la loro inclinazione.

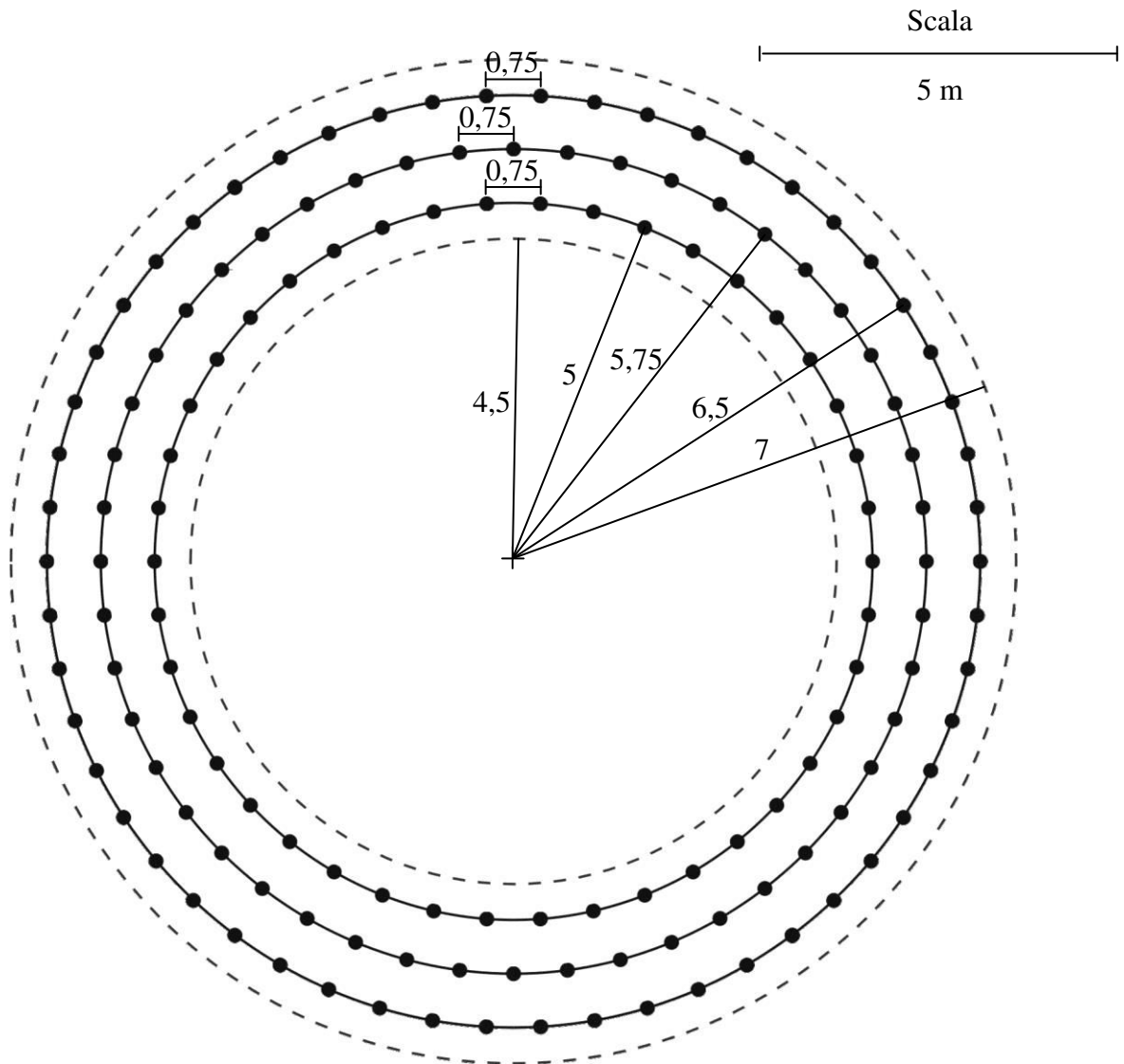


Figura 8 - Elaborato grafico 1 – pianta delle perforazioni

Tabella dei Materiali

MATERIALI	CARATTERISTICHE TECNICHE
<p>Cemento Microfine MasterRoc MP 650/800</p>	<p>I cementi microfini MasterRoc MP 650/800 sono caratterizzati da un'elevata finezza. Questo parametro è determinato dal valore di blaine espresso in m²/kg e in particolare dal valore D95 che rappresenta la dimensione, espressa in micron (µm), al di sotto della quale sta il 95% della massa del cemento microfine: maggiori sono i valori di Blaine e minore è il valore di D95, maggiore è la finezza. Inoltre sono composti di clinker puro di cemento Portland assortito in opportuna curva granulometrica.</p> <p>Grazie al fatto di essere composti di clinker puro di cemento Portland presentano:</p> <ul style="list-style-type: none"> - più rapidi tempi di presa rispetto ai cementi microfini reperibili in commercio formulati con clinker e aggiunte di pozzolana o loppe finemente macinate, filler micronizzati, ecc.: conseguentemente una maggiore rapidità dei tempi di presa comporta una riduzione dei tempi esecutivi nel loro complesso, un maggiore controllo della possibile dispersione nel terreno e alte resistenze meccaniche. Peraltro c'è da segnalare che, in caso si debbano necessariamente avere lunghi tempi operativi di lavorabilità (qualche ora), è possibile adottare la seguente tecnologia. <p>Alla miscelazione dei MasterRoc MP 650/800 viene aggiunto l'additivo a base di acido carbossilico MasterRoc HCA 10 in ragione di 0.5-1,0 lt/100 kg di cemento avente la funzione di inibire l'idratazione per il tempo ritenuto necessario (da prevedersi in ogni caso l'impiego del MasterRheobuild 2000 PF, come oltre espresso).</p> <p>Prove preliminari sul mantenimento della lavorabilità e sui tempi di presa consentiranno di definire le opportune percentuali dei componenti.</p> <ul style="list-style-type: none"> - eccellente stabilità anche sotto elevate pressioni di pompaggio, assicurando un'efficace penetrazione in rocce e terreni - sensibile riduzione del bleeding (sedimentazione della parte solida che provoca acqua di essudazione superficiale) - impiego di attrezzature comunemente usate per le comuni iniezioni cementizie - economicità rispetto alle iniezioni chimiche a base di acrilati. <div style="text-align: center;"> <p>Coefficiente di permeabilità K (m/s)</p> <p>The diagram illustrates the permeability coefficient K (m/s) on a logarithmic scale from 10⁻¹⁰ to 10⁻². It categorizes materials into GHIAIE (10⁻¹⁰ to 10⁻⁹), SABBIE (10⁻⁹ to 10⁻⁷) with sub-categories 'grosse' (10⁻⁹ to 10⁻⁸), 'medie' (10⁻⁸ to 10⁻⁷), and 'fini' (10⁻⁷ to 10⁻⁶), LIMI (10⁻⁶ to 10⁻⁵), and ARGILLE (10⁻⁵ to 10⁻²). A red arrow labeled 'Cemento microfine' points to a value of approximately 10^{-8.5}.</p> </div>

Birdie 500	<p>Sulla base della slitta da perforazione SPEEDYDRILL, è stata sviluppata la BIRDIE, una piccola macchina da perforazione adatta a tutti i lavori di fondazione e di ingegneria civile e cava quali micropali, ancoraggi, tiranti, piccoli pozzi d'acqua e restauri. Può utilizzare sia martelli fondo foro che perforatrici idrauliche leggere. La macchina è stata studiata per essere semplicemente smontata in dimensioni e pesi tali da renderla facilmente elicotterabile ed utilizzabile su ponteggio.</p> <p>Scheda Tecnica:</p>
Modello	Birdie 500
Passo cingolo	760 - 1160
Altezza trasporto	2000
Lunghezza totale macchina	3700 (corsa 1800)
Peso	2300/2600
Altezza mast in verticale	3000/3500
Corsa utile	1800/2300
Tiro Spinta	1500 (opt.2250)
Mast	speedy 250
Motore	Kubota 1505 TE
Potenza del motore	44HP / 3000 RPM
Applicazioni	fondazioni, ancoraggi, micropali, piccoli pozzi d'acqua, stabilizzazione suolo
Metodi di perforazione	DTH and Top Hammer, autoperforanti
Diametro martello	2" 3" 4" 5"
Diametro rivestimento	89-114-140-152- 168- 177
Testa di rotazione / peso altre teste di rotazione a	RP500