Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

MINISTERO DELL'INTERNO

REGIONE BASILICATA

COMUNE DI BANZI

PROVINCIA DI POTENZA

Via delle Vittorie, 97 - 82021 Sant'Arcangelo Trimonte (BN) - tel 0824 923001 fax 0824923251- C.F. 81001490648
Cod. ISTAT 062078 - e-mail: protocollo@comune.santarcangelotrimonte.bn.it - pec: comune.santarcangelot@asmepec.it

PASQUALE NARCISO
ingegnere
Via Molise, 23 – 82020 Campolattaro (BN)
tel. 0824 858082 –fax 0824 063111 –
P.IVA 01042140622 – C.F. NRCPQL68R07Z133B
e-mail studio@ingcon.it - pec: pasquale.narciso@ingpec.eu

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE
ing. Giuseppe Mario DEL RE
Via Puccini, 26 - 83045 Calitri (AV)
P.IVA 01886580644 - C.F. DLRGPP61T19B415W
mail: gmdelre@interfree.i - pec: giuseppemario.delre@ingpec.eu

N.	DATA	DA	DESCRIZIONE	CONTROLLATO	APPROVATO
1	NOVEMBRE 2022	P.N.	EMESSO PER APPROVAZIONE		

EDIZIONE

OGGETTO:
DECRETO MINISTERO INTERNO 23/02/2021, CONTRIBUTI LEGGE 30/12/2018, N. 145 ART. 1 COMMA 139 E SEGUENTI PER INTERVENTI DI INVESTIMENTI RELATIVI A OPERE PUBBLICHE DI MESSA IN SICUREZZA DEGLI EDIFICI E DEL TERRITORIO
LAVORI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DEL VERSANTE GROTTE NOTARGIACOMO
CUP: B34H20003670001

ELABORATO:
06

FASE:
PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO:
RELAZIONE DI CALCOLO RAFFORZAMENTO CORTICALE

SCALA:

A TERMINE DELLE VIGENTI LEGGI, QUESTO ELABORATO NON POTRÀ ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O COMUNICATO AD ALTRE PERSONE E/O ENTI SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE.

ARCHIVIO:

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:
Arch. Domenico DE BONIS

PROGETTO:

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE
dott. ing. Giuseppe Mario DEL RE

TECNICO INCARICATO
dott. ing. Pasquale NARCISO

SOMMARIO

PREMESSA **3**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO **3**

DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI INGEGNERIA GEOTECNICA **4**

RAFFORZAMENTO CORTICALE 4
DIMENSIONAMENTO DELLA RETE A DOPPIA TORSIONE 6
DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI (CHIODI) 10
LUNGHEZZA DEI CHIODI DI ANCORAGGIO 13

ALLEGATI **16**

PREMESSA

La presente Relazione, allagata al Progetto di Sistemazione Idrogeologica del Versante 'Grotte di Notargiacomo', nel Comune di Banzi (PZ), descrive i metodi e i risultati dei calcoli geotecnici effettuati per la valutazione delle condizioni di stabilità e il dimensionamento delle opere necessarie per la messa in sicurezza del versante in parola, in particolare del sistema di rafforzamento corticale della parete delle Grotte di Notargiacomo.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano di seguito le principali normative di riferimento:

- DM Infrastrutture 17 Gennaio 2018 –"NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018"
- Circolare Ministeriale n. 7 - C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
- O.P.C.M. 3519/2006 - "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO, Aggiornamento dicembre 2015 e s.m.i.– Autorità di Bacino regionale della Basilicata – Norme di Attuazione
- LINEE GUIDA PER LO STUDIO DI VERSANTI IN ROCCIA" Autorità di Bacino regionale della Campania Centrale
- AICAP, (1993): Ancoraggi nei terreni e nelle rocce – Raccomandazioni AICAP
- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - Codice dei contratti pubblici;
- DPR n. 207/2010 Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" e Circolare Ministeriale n. 7 C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI INGEGNERIA GEOTECNICA

Rafforzamento corticale

Il Rafforzamento corticale viene ottenuto attraverso un sistema costituito da:

1. ancoraggi,
2. pannelli in fune metallica,
3. funi e reti metalliche

Ognuno di questi elementi è sottoposto ai carichi dovuti alla spinta delle masse rocciose e risponde (in termini di deformazioni e tensioni) in funzione delle proprie caratteristiche meccaniche.
L'obiettivo è che il sistema subisca la deformazione minima possibile sotto l'azione di quel carico. Ovvero, il sistema deve assorbire il massimo carico possibile per una determinata deformazione.
Gli ancoraggi devono limitare o impedire i movimenti relativi tra le masse rocciose in movimento, garantendo così una 'rigidità' al sistema, rallentandone il progressivo 'rilassamento'.
A tale scopo, è necessario che vi sia una relazione fra lo spessore del 'dissesto corticale' e le dimensioni degli ancoraggi utilizzati. Questi ultimi dovranno essere disposti secondo due criteri:

1. una maglia di densità (espressa in n. di ancoraggi / mq) tale da garantire che la massima porzione di massa rocciosa disarticolata, che potrebbe gravare su ciascun ancoraggio, non superi il carico ammissibile dell'ancoraggio stesso.
2. La lunghezza delle barre deve essere sufficiente per garantire che le sollecitazioni di trazione e taglio siano scaricate sull'ammasso roccioso integro.

Il tipo di ancoraggio maggiormente diffuso nelle tecniche di rafforzamento corticale viene denominato 'chiodo' ed è costituito da una barra completamente connessa alla roccia ed immersa in malta cementizia o resina polimerica. La parte esterna può essere costituita da una piastra di ripartizione fissata con un dado o un golfare.
Lo schema delle forze che agiscono su un piano di scivolamento di un blocco di roccia presenta rugosità ed ondulazione. Inoltre, la resistenza al taglio del giunto deve essere determinata dall'attrito e non dalla coesione.
Questa schematizzazione trova fondamento nell'ipotesi che il chiodo, essendo un elemento di rinforzo passivo, sviluppa la sua finzione soltanto quando il blocco di roccia, vincendo in parte le resistenza dovuta all'attrito del giunto, tende a muoversi, producendo la **dilatanza della discontinuità** e portando in tensione l'anima metallica.
Il vincolo rappresentato dal chiodo, incrementa gli sforzi normali sul giunto con conseguente incremento della resistenza a taglio.
Un altro contributo stabilizzante offerto dal chiodo viene offerto dalla resistenza al taglio dell'anima metallica

che attraversa il giunto. Il maggiore effetto stabilizzante che un chiodo può trasmettere alla roccia lo si ottiene dal migliore compromesso tra il contributo offerto dall'incremento degli sforzi normali e quello offerto dalla resistenza al taglio.

Per quanto descritto sopra il comportamento del chiodo è strettamente vincolato al tipo di roccia e alle sue caratteristiche deformative; inoltre il comportamento passivo dell'elemento non produce nessuna forza sull'ammasso roccioso ma interagisce con esso sfruttando le caratteristiche di resistenza a taglio del giunto.

L'effetto consolidante fornito dal chiodo si sviluppa soltanto quando il blocco inizia a muoversi portando in tensione la barra metallica la quale crea un aumento della pressione sul giunto con il conseguente incremento delle forze stabilizzanti e con la riduzione delle forze destabilizzanti.

IN un sistema di rafforzamento corticale la rete non non ha funzioni di consolidamento ma ha il ruolo di contenere i masso rocciosi, come si trovano nella maglia di ancoraggi e di trasmettere la loro spinta sugli ancoraggi circostanti.

Dalla scomposizione delle forze che agiscono sulla rete (v. figura riportata), si evince che l'azione di contrasto sarà maggiore al crescere del volume della massa rocciosa spingente sul rivestimento. E' necessario quindi incrementare la rigidezza del sistema rete-ancoraggi.

Nella realtà quotidiana, le spinte generate sulle reti di rivestimento non superano quasi mai la resistenza ultima a rottura delle stesse, ma quasi sempre si verificano deformazioni tali dell'ammasso roccioso inaccettabili e di una grandezza tale da comportare il distacco del blocco con il **conseguente arretramento del dissesto** all'interno della scarpata.

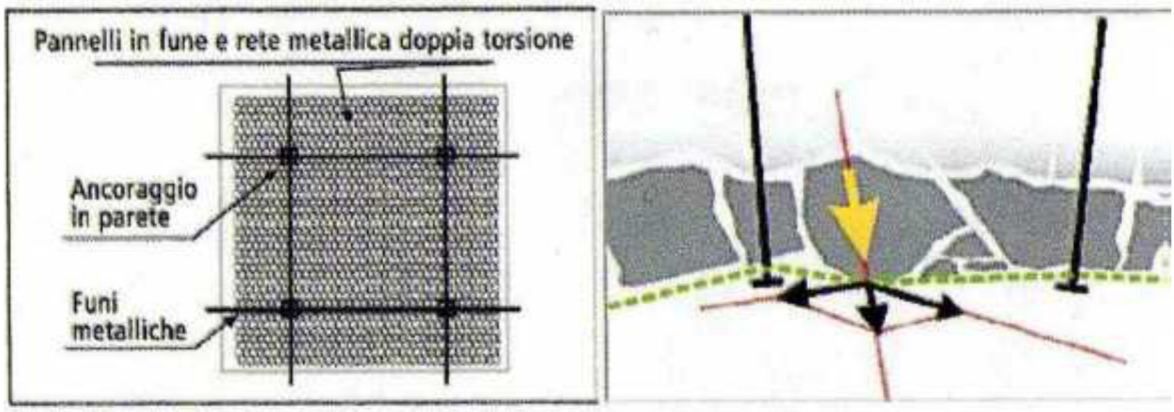
Definita una deformazione limite per un rivestimento, la "***rigidezza deformativa***" di un pannello per un'azione normale al proprio piano, si può definire come il rapporto tra la forza necessaria per ottenere quella deformazione limite e la deformazione stessa.

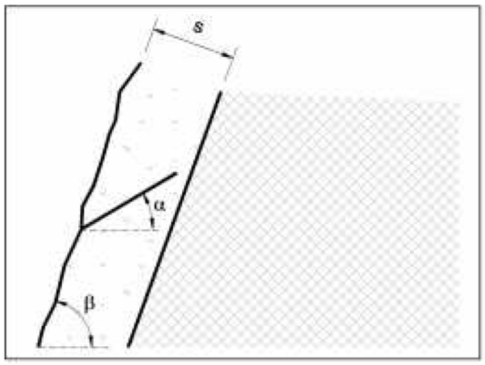
In altre parole per limitare i movimenti della massa rocciosa, assume un ruolo fondamentale la capacità del rivestimento corticale di esplicare un'elevata azione resistente con la minima deformazione. In questo modo i blocchi di roccia potenzialmente instabili, trovano un valido elemento di contrasto che **limita i movimenti degli stessi e permette di mantenere un elevato grado di incastro tra gli elementi** che costituisco la parte corticale dell'ammasso roccioso.

Un altro aspetto importante per l'efficacia di un rafforzamento corticale riguarda la **perfetta aderenza del rivestimento alla scarpata rocciosa**. Laschi e movimenti liberi delle reti sugli ancoraggi limitano l'efficacia dell'intervento in quanto offrono, ai blocchi di roccia, un certo grado di libertà prima di essere contrastati dalla resistenza e dalla rigidezza del rivestimento.

L'intervento di rafforzamento corticale adottato consiste pertanto nel dispiegare **una rete metallica, installata quanto più possibile in aderenza alla parete da consolidare**, in modo da aderire alla morfologia del versante, inoltre tale rete metallica sarà armata con un reticolo di funi.

Figura 2 – Elementi che costituiscono il rafforzamento corticale e schema delle forze agenti

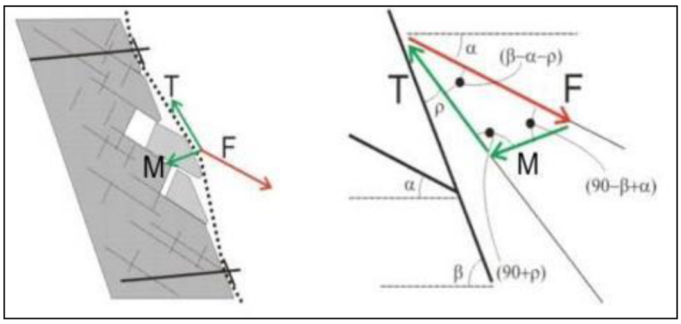




Dimensionamento della Rete a doppia torsione

In un sistema di Rafforzamento corticale la rete non ha funzioni di consolidamento - a causa della sua deformabilità, della irregolarità della parete rocciosa e delle difficoltà di posa in opera – ma assolve la funzione di contenere i massi che si trovano nella maglia di ancoraggi e di trasmettere la loro spinta sugli ancoraggi circostanti.

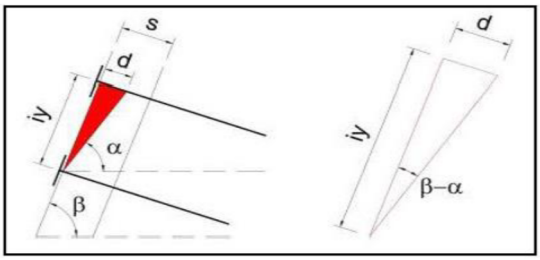
Tra un chiodo e l'altro ci sono dei massi secondari che posso staccarsi secondo superfici di scivolamento locali inclinate di un angolo α_{loc}.
Dalla scomposizione delle forze che agiscono sulla rete è chiaro che l'azione di contrasto dovrà essere tanto maggiore quanto maggiore è il volume di roccia spingente sul rivestimento.



Le dimensioni massime del blocco che può sollecitare a trazione un metro lineare di rete sono vincolate dallo spessore ***s*** e dalla spaziatura verticale $\boldsymbol{i_y}$ tra i due chiodi della maglia. Tale ipotesi di calcolo appare cautelativa, ma compensa le numerose incertezze dovute alla morfologia irregolare della parete rocciosa.

Alcune considerazioni geometiche consentono di approssimare il volume roccioso soggetto a instabilità locale.

<u>Ipotesi n. 1</u>



Se si verifica contemporaneamente:

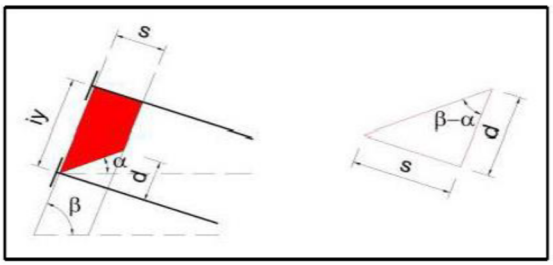
$$\alpha_{loc} \geq \beta - arctan\left(\frac{s}{i_y}\right)$$

$$\alpha_{loc} < \beta$$

Allora:

$$V = \frac{1}{2} \cdot i_y^2 \cdot tan(\beta - \alpha_{loc})$$

<u>Ipotesi n. 2</u>



Se si verifica:

$$\alpha_{loc} < \beta - arctan\left(\frac{s}{i_y}\right)$$

allora:

$$V = i_y \cdot s - \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{s^2}{tan(\beta - \alpha_{loc})}\right]$$

Operando a favore di sicurezza, si considera che i massi dell'instabilità locale si trovino in condizione di **equilibrio limite**, e pertanto si considera vera l'uguaglianza:

$$FS = \frac{F_{stab} + R}{F_{Destab}} = \frac{\frac{W \cdot sin\alpha_{loc} \cdot (1-c)}{\gamma_{RW}} + R}{W \cdot \gamma_{DW} \cdot (sin\alpha_{loc} + c \cdot cos\alpha_{loc})} = 1$$

In tali condizioni, la massima forza sviluppata dall'instabilità locale sulla rete (sottesa fra gli ancoraggi) è data da

$$F_{loc} = F_{stab} - F_{Destab}$$

Dove:

$$F_{stab} = \frac{W \cdot sin\alpha_{loc} \cdot (1 - c)}{\gamma_{RW}}$$

$$F_{Destab} = W \cdot \gamma_{DW} \cdot (sin\alpha_{loc} + c \cdot cos\alpha_{loc})$$

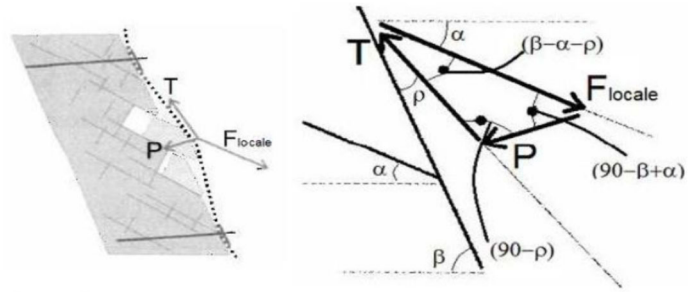
Non è realistico pensare che la rete metallica sviluppi un'azione stabilizzante premendo sull'ammasso e incrementando la stabilità per mezzo dell'attrito esistente sul piano di scivolamento: La rete infatti è deformabile e vi sono sempre evidenti laschi di posa in opera che non consentono di tesare perfettamente la rete. Inoltre, anche se la posa fosse perfetta, l'ammasso avrebbe deformabilità trascurabile, che non consente di tesare le piastre dei chiodi e, di conseguenza, la rete.

Bisogna infine considerare che gli attriti e le asperità limitano, fino ad impedirli, i movimenti tra rete e volume roccioso instabile. A causa di questo la parte di rete soprastante il masso instabile risulta molto caricata, mentre quella sottostante è poco caricata, o addirittura lasca.

In questa situazione, la rete può solo opporre resistenza alla forza F_{locale} che si manifesta a seguito di un eventuale movimento. Le componenti della F_{locale} misurate in direzione normale e tangenziale al telo sono rispettivamente la

- P = Forza di Punzonamento
- T = Forza di Trazione

Dove il limite superiore della T è il peso del masso.



$$\vec{F}_{Locale} = \vec{P} + \vec{T}$$

Calcolo del Punzonamento

Il punzonamento è determinato come

$$P = F_{locale} \cdot \sin(\beta - \alpha_{loc}) \cdot i_x$$

Calcolo della Trazione sulla rete

L'angolo sotteso tra la rete deformata e il piano di scivolamento vale:

$$\rho = arctan\left(\frac{\Delta_{pnz}}{i}\right)$$

Con

$$i = \sqrt{i_x \cdot i_y}$$

La trazione che sollecita un metro lineare di rete vale:

$$T = \frac{F_{locale} \cdot \sin(\beta - \alpha_{loc})}{i_x \cdot \sin(\beta - \alpha_{loc} - \rho)}$$

Dimensionamento della Rete

La rete è verificata quando

$$FS = \frac{T_{rete} \cdot k_{MIN}}{T} \geq 1{,}0$$

da cui

$$T_{rete} \geq \frac{T}{k_{MIN}}$$

Dove:

- k_{MIN} = coefficiente di riduzione della resistenza a trazione confinata della rete = 0,40

Si definiscono in tal modo le caratteristiche di resistenza (in kN/m) della rete da costruire.

Dimensionamento degli ancoraggi (chiodi)

In via cautelativa, si ipotizza che i chiodi sostengano l'intera parte corticale dell'ammasso che riveste il pendio. Questa coltre continua (di spessore ipotizzato pari 1,50 m) è in realtà costituita dalla somma di tutti volumi rocciosi secondari che potrebbero originare i vari episodi di caduta.

Il contributo resistente delle barre di ancoraggio inserite negli ammassi rocciosi può essere calcolato con ben note procedure descritte in letteratura (AICAP 1993, Wyllie e Mah 2004), includendo anche l'effetto dei chiodi in gruppo (Ferrero et al. 1997).

Tenendo sempre presente che si tratta di elementi passivi, per cui si lavora con i parametri geotecnici in condizioni residue, il calcolo dei chiodi deve assumere che la porzione instabile dell'ammasso giaccia in condizione di equilibrio limite, dove il **fattore di sicurezza è pari a 1.0**. Pertanto, le forze stabilizzanti hanno lo stesso valore delle forze destabilizzanti ed è vera la seguente equazione:

$$FS = \frac{F_{S,slp}}{F_{D,slp}} \geq 1{,}0$$

dove:

- $F_{S,slp}$ = Forze stabilizzanti
- $F_{D,slp}$ = Forze destabilizzanti

$$F_{S,slp} = W \times sen\alpha - c \times sin\alpha \times tan\phi + R$$

$$F_{D,slp} = W \times sen\alpha + c \times cos\alpha$$

in cui

- W = peso dell'ammasso roccioso instabile da consolidare
- α = inclinazione della superficie secondo cui può manifestarsi lo scivolamento
- R = contributo stabilizzate dei chiodi
- c = coefficienti sismici
- ϕ = angolo di attrito residuo del giunto

Assumendo l'angolo di attrito $\phi = 45°$ ($\tan \phi = 1$) e introducendo dei fattori di sicurezza per ridurre le forze stabilizzanti (γ_{RW}) e incrementare le forze destabilizzanti (γ_{DW}), la condizione di stabilità diviene:

$$\frac{W \times sen\alpha - c \times sen\alpha}{\gamma_{RW}} + R \geq \frac{W \times sen\alpha + c \times cos\alpha}{\gamma_{DW}}$$

da cui si può ricavare la Resistenza dell'ancoraggio (chiodo).

I coefficienti di sicurezza (γ_{RW} e γ_{DW}) dipendono da diversi fattori.

Le caratteristiche della massa rocciosa influenzano l'entità delle forze stabilizzanti, in modo che il loro coefficiente di sicurezza può essere descritto come:

$$\gamma_{RW} = \gamma_{THI} \times \gamma_{WG} \times \gamma_{BH}$$

- γ_{THI} descrive le incertezze nel determinare spessore superficiale instabile s. Il suo valore è compreso tra 1.20, quando la stima è basata su un rilievo geomeccanico, e 1.30, quando si basa su stima grossolana
- γ_{WG} descrive le incertezze nella determinazione del peso unitario della massa rocciosa. Di solito si assume uguale 1.00, ma se ci sono gravi incertezze (ad esempio quando la densità non è omogenea, come nei flysch) può essere assunto pari 1.05
- γ_{BH} descrive le incertezze relative al comportamento della massa rocciosa. Un'elevata erodibilità della superficie della roccia può provocare un denudamento dei chiodi e innescare un indebolimento dell'intero sistema. Solitamente il valore viene assunto pari 1.00 ma se ci sono condizioni ambientali gravose o la massa roccia è soggetta ad alterazione, può essere assunto pari a 1.05.

Le condizioni esterne, in particolare la morfologia del versante, svolgono un ruolo importante nell'entità delle forze destabilizzanti, il cui coefficiente di sicurezza è definito come:

$$\gamma_{DW} = \gamma_{MO} \times \gamma_{OL}$$

- γ_{MO} descrive le incertezze relative alla morfologia del versante. Se la scarpata è molto accidentata, e quindi la rete di rivestimento non è in perfetta aderenza con la superficie della parete, e i blocchi instabili possono liberamente muoversi, in questo caso dovrebbe essere applicato un coefficiente di sicurezza di 1.30. Se la superficie del pendio è regolare, la rete di rivestimento è in aderenza con la parete e i movimenti dei blocchi instabili sono limitati, quindi in questo caso viene utilizzato un coefficiente di sicurezza pari a 1.10.
- γ_{OL} descrive le incertezze relative ai carichi accidentali/addizionali applicati sul sistema di

rivestimento. I carichi addizionali potrebbero essere correlati alla presenza di ghiaccio e neve, o di vegetazione che cresce sul pendio. Di solito è assunto pari 1.00, ma se sono previste condizioni gravose, può essere assunto pari a 1.20.

I chiodi di rinforzo lavorano principalmente a taglio in prossimità del giunto di scorrimento, dove sono sottoposti sia a sollecitazioni di taglio che di trazione.
La forza resistente R, che viene mobilitata in funzione della presenza della barra lungo il piano di scorrimento, è derivata utilizzando il principio del lavoro massimo:

$$R = \left[\frac{1 + \frac{m^2}{16}}{1 + \frac{m^2}{4}}\right]^{\frac{1}{2}} \times N_e$$

Dove:

$$m = cotg(\varepsilon + \delta)$$

con

- ε = angolo tra l'asse della barra e la normale del giunto
- δ = dilatanza della superficie di scivolamento
- N_e = Resistenza a taglio della barra

$$\delta = \frac{JRC \times Log_{10}\left[\frac{JCS}{\sigma_{plan}}\right]}{3}$$

$$\sigma_{plan} = \frac{i_x \times i_y \times s \times \gamma \times cos\alpha}{i_x \times i_y} = s \times \gamma \times cos\alpha$$

$$N_e = A_b \times \frac{\tau_{jk}}{\gamma_{ST}}$$

- i_x = interasse degli ancoraggi secondo x
- i_y = interasse degli ancoraggi secondo y
- α = inclinazione del piano di scorrimento più sfavorevole
- σ_{plan} = sforzo di compressione sul piano di scivolamento
- τ_{jk} = Tensione di snervamento a taglio della barra
- JRC = coefficiente di rugosità del giunto
- JCS = resistenza a compressione semplice del giunto

$$JRC = JRC_0 \cdot \left[\frac{L_g}{L_0}\right]^{(-0,02 \cdot JRC_0)}$$

$$JCS = JCS_0 \cdot \left[\frac{L_g}{L_0}\right]^{(-0,03 \cdot JRC_0)}$$

Dove:

- JRC_0=Valore misurato alla scala di laboratorio o in campagna
- JRS_0=Valore misurato alla scala di laboratorio o in campagna
- L_g = Lunghezza reale della discontinuità

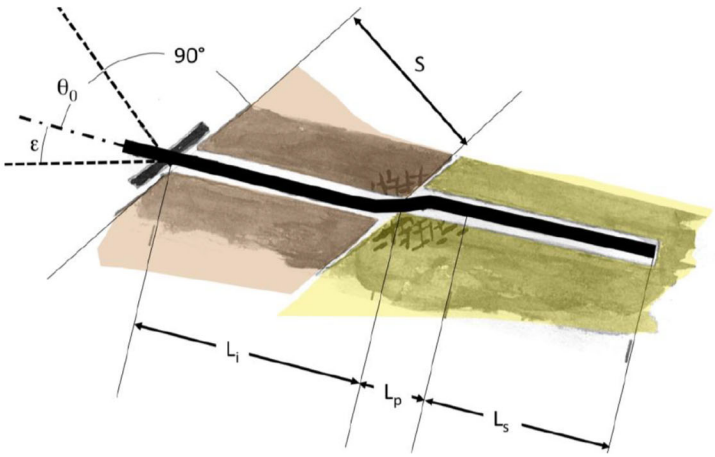
Si ricava così δ, e di conseguenza si calcolano m e R.

Si procede quindi al calcolo delle forze stabilizzanti e destabilizzanti e alla verifica di stabilità.

$$FS = \frac{F_{S,slp}}{F_{D,slp}} \geq 1,0$$

Lunghezza dei chiodi di ancoraggio

La lunghezza dei chiodi deve essere definita in modo che il chiodo superi la parte degradata dell'ammasso roccioso e si connetta saldamente alla parte integra dello stesso.



La lunghezza totale può porsi uguale a

$$L_{TOT} = L_{lib} + L_{snerv} + L_{fond}$$

Dove:

- L_{lib} = Lunghezza nella parte degradata
- L_{snerv} = Lunghezza dovuta allo snervamento della barra
- L_{fond} = Lunghezza di perforazione nella roccia integra

Determinazione di L_{lib}

La Lunghezza nella parte degradata si ottiene dalla:

$$L_{lib} = \frac{s \times \gamma_{DW}}{cos(\beta + \theta - 90)}$$

Con:

- s = spessore della zona instabile
- β = inclinazione della parete rocciosa
- θ = angolo fra la barra di ancoraggio e la normale al giunto
- $\gamma_{DW} = \gamma_{MO} \times \gamma_{OL}$ come sopra definito

Determinazione di L_{fond}

Si fa riferimento allo Sato Limite di Sfilamento della Fondazione di un ancoraggio come previsto dalle NTC 2018.

Tale verifica si esegue confrontando la massima azione di progetto con la resistenza di progetto, ossia verificando che risulti:

$$FS = \frac{R_{ak}}{P_d} \geq 1{,}0$$

La massima azione di progetto P_d è definita come:

$$P_d = max\{P_{loc}; P_{glob}\}$$

ossia la maggiore fra le sollecitazioni di instabilità locale e globale:

$$P_{loc} = [(W_{Sbar} - W_{Dbar}) \times \cos(\alpha + \theta)] \times i_x$$

$$P_{glob} = [F_{S,slp} - R - F_{D,slp}] \times cos(\beta + \theta)$$

La Resistenza della barra è definita dal prodotto della tensione di sfilamento (dovuta all'attrito fra la boiacca di cemento iniettato nel foro e la roccia) per la superficie laterale di contatto.

$$R_{ad} = \frac{R_{ak}}{\gamma_R} = \frac{\tau_{lim} \times S_{lat}}{\gamma_{\tau,lim}} = \frac{\tau_{lim} \times (\pi \cdot \phi_{perf} \cdot L_{fond})}{\gamma_{\tau,lim}}$$

da cui si ricava la lunghezza L_{fond}

$$L_{fond} \geq \frac{P_d \times \gamma_{\tau,lim}}{\tau_{lim} \times (\pi \cdot \phi_{perf})}$$

Per calcolare τ_{lim} si fa riferimento alle NTC 2018.

$$\tau_{lim} = \frac{R_{ak}}{\zeta_a}$$

R_{ak} è la resistenza caratteristica ottenuta dal calcolo, ottenuta come:

$$R_{ak} = Min\left\{\frac{R_{ac,media}}{\zeta_{a3}}; \frac{R_{ac,min}}{\zeta_{a1}}\right\}$$

Nel caso in esame il valore caratteristico della resistenza allo sfilamento dell'ancoraggio viene determinato con metodi analitici considerando un numero di profili di indagine pari a 1.

Pertanto si assume

- $R_{ac,media}$ = tensione di sfilamento media = 1,50MPa
- $R_{ac,min}$ = tensione di sfilamento minima = 1,50MPa
- ζ_{a3}= fattore di correlazione per res. media = 1,80
- ζ_{a1}= fattore di correlazione per res. minima = 1,80

Calcolati così i valori di

- L_{lib} = Lunghezza nella parte degradata,
- L_{snerv} = Lunghezza dovuta allo snervamento della barra,
- L_{fond} = Lunghezza di perforazione nella roccia integra

Si determina la lunghezza del chiodo di ancoraggio necessaria.

ALLEGATI

Si allegano le tabelle di calcolo relative a:

1. Dimensionamento dei chiodi di ancoraggio
2. Calcolo della lunghezza dei chiodi di ancoraggio
3. Dimensionamento della Rete a doppia torsione