



	INGEGNERIA PROGETTI S.R.L. VIA DELLA LIBERTA, 97 90143 PALERMO e-mail studio@ingegneriaprogetti.com					
	REVISIONI					
 	00	28/04/2022	EMISSIONE	ING. G. PUPELLA ING. L. BATTAGLIA	ING. S. PRIOLO ING. G. RACCUGLIA	ING. S. PRIOLO ING. G. PUPELLA
	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

REVISIONI					
	00				
	N.	DATA	DESCRIZIONE	ESAMINATO	ACCETTATO

NUMERO E DATA ORDINE: 4 000 080 865 del 31/07/2020
MOTIVO DELL'INVIO: <input checked="" type="checkbox"/> PER ACCETTAZIONE <input type="checkbox"/> PER INFORMAZIONE

CODIFICA ELABORATO	 TERN A GROUP
<b>REFR15007C2465783</b>	
TITOLO ELABORATO	TIPOLOGIA ELABORATO
<b>Interconnessione a 150 kV "Sorrento-Vico Equense-Agerola-Lettere" ed opere connesse - Elettrodotto 150 kV "Sorrento-Vico Equense-Castellammare di Stabia" (parte aerea)</b>  <b>Relazione dimensionamento barriera frangicolata</b>	TABELLA
	PROGETTO

NOME DEL FILE	SCALA CAD	FORMATO	SCALA	FOGLIO
REFR15007C2465783_00_00.pdf		A4		1 / 21

Questo documento contiene informazioni di proprietà Terna Rete Italia S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna Rete Italia S.p.A.

This document contains information proprietary to Terna Rete Italia S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purposes for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of Terna Rete Italia S.p.A. is prohibit.

COMUNE DI VICO EQUENSE

Provincia di Napoli

## **Dimensionamento degli ancoraggi flessibili e delle barre di fondazione per la barriera contro le frane superficiali SL-100 H2.00m**



## INDICE

<b>1</b>	<b><i>Premessa</i></b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b><i>Quadro normativo</i></b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b><i>Nota sugli Eurocodici</i></b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b><i>Modello di riferimento</i></b>	<b>3</b>
4.1	<b><i>Azioni</i></b>	<b>4</b>
4.2	<b><i>Resistenze</i></b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b><i>Modello di calcolo</i></b>	<b>6</b>
5.1	<b><i>Verifica sezione acciaio</i></b>	<b>6</b>
5.2	<b><i>Verifica dell'interfaccia acciaio – malta</i></b>	<b>7</b>
5.3	<b><i>Verifica dell'interfaccia malta – substrato</i></b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b><i>Azioni di progetto sugli ancoraggi</i></b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b><i>Dimensionamento degli ancoraggi flessibili e delle barre di fondazione</i></b>	<b>11</b>
7.1	<b><i>Ancoraggi flessibili laterali e di monte</i></b>	<b>12</b>
7.2	<b><i>Barre per la fondazione dei montanti</i></b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b><i>Conclusioni</i></b>	<b>15</b>
<b>9</b>	<b><i>Allegati</i></b>	<b>16</b>

# 1 Premessa

La presente relazione affronta il calcolo delle lunghezze degli ancoraggi per la barriera contro le frane superficiali del tipo SL-100, con una altezza utile di 2.0 m e in grado di trattenere pressioni di impatto fino a 100 kPa. Il calcolo delle fondazioni delle barriere è stato sviluppato in accordo con le nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC, DM 17.01.2018), utilizzate in parallelo agli Eurocodici (EC).

## 2 Quadro normativo

Il dimensionamento di un ancoraggio passivo rientra nelle “*Norme per le opere interagenti con i terreni e con le rocce, per gli interventi nei terreni e per la sicurezza dei pendii*” delle NTC, mentre è normato dall’Eurocodice 7 “*Progettazione geotecnica*”.

Le norme cui si fa riferimento sono le seguenti:

- D.M 17.01.2018– Norme tecniche per le costruzioni
- EN1997-1 Progettazione Geotecnica
- Raccomandazioni AICAP “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce” del giugno 2012

## 3 Nota sugli Eurocodici

Gli Eurocodici sono stati sviluppati in ambito europeo, per armonizzare gli aspetti progettuali dei paesi membri, utilizzando come approccio la progettazione agli stati limite.

Negli Eurocodici, così come nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, si utilizzano dei coefficienti di sicurezza parziali, da applicare o alle azioni, o alle resistenze o ad entrambi, in funzione dell’approccio utilizzato.

Il valore dei coefficienti di sicurezza utilizzato è indicato a livello Europeo e viene poi lasciata alle singole nazioni la possibilità di variare questi valori in funzione della propria specificità.

Gli Eurocodici sono stati la base per la redazione delle nuove Norme Tecniche, che ne recepiscono non solo lo spirito ma anche l’impostazione.

L’applicazione degli Eurocodici deve essere fatta con conoscenza del fenomeno e con cognizione di causa, in quanto la scelta dell’approccio progettuale e dei coefficienti di sicurezza può influire molto sul risultato finale.

## 4 Modello di riferimento

Per la realizzazione degli elementi di connessione tra terreno e struttura nella messa in opera delle barriere contro le frane superficiali si opera nel seguente modo:

1. Si realizza un foro di lunghezza e diametro adeguati
2. Si inserisce nel foro un elemento metallico
3. Si inietta miscela cementizia per riempire l'intercapedine tra elemento metallico e foro

Per il corretto dimensionamento bisogna quindi considerare i seguenti elementi:

- la verifica della sezione di acciaio
- la verifica dell'adesione acciaio – malta
- la verifica dell'adesione malta – substrato

Per la progettazione strutturale degli ancoraggi si deve verificare la seguente disequaglianza:

$$a) \quad E_D \leq R_D$$

dove:

- $E_D$  sono le azioni o gli effetti delle azioni di progetto
- $R_D$  sono le resistenze o gli effetti delle resistenze di progetto

## **4.1 Azioni**

Le azioni che sollecitano l'ancoraggio sono azioni che non derivano dallo stato di esercizio della struttura metallica quanto piuttosto da un evento eccezionale (in termini di probabilità di accadimento). Ci si riferisce quindi alla combinazione eccezionale 2.5.6 delle Norme Tecniche, ovvero:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{jk} \Psi_{jk} Q_{jk}$$

Si deve inoltre notare che i valori delle azioni agenti sugli ancoraggi sono misurati durante i test in vera grandezza. I carichi massimi agenti sulle fondazioni durante la prova in vera grandezza sono le azioni che si prendono in considerazione per la determinazione del tipo e lunghezza degli ancoraggi, con approccio a SLU.

## **4.2 Resistenze**

Le resistenze considerate nella a) hanno significati diversi in funzione della verifica che si sta analizzando.

Fattori di resistenza parziale possono essere applicati sia alle proprietà del terreno (X), sia alle resistenze (R) o a entrambi i parametri.

Come anticipato si prendono in considerazione tre verifiche: della sezione di acciaio, dell'interfaccia acciaio-malta e dell'interfaccia malta- substrato.

In generale si ha:

$$R_D = R(\gamma_F \cdot F_{Rep}; X_k / \gamma_M; a_D)$$

oppure

$$R_D = R(\gamma_F \cdot F_{Rep}; X_k; a_D) / \gamma_R$$

oppure

$$R_D = R(\gamma_F \cdot F_{Rep}; X_k / \gamma_M; a_D) / \gamma_R$$

dove:

- $F_{Rep}$  sono le azioni rappresentative
- $X_k$  sono i parametri dei materiali
- $a_D$  è l'accelerazione di progetto, nel caso sismico
- $\gamma_M$  sono i fattori parziali per il terreno
- $\gamma_R$  sono i fattori parziali per le resistenze

La resistenza di progetto degli ancoraggi  $R_d$ , è determinata in questo caso con metodi di calcolo, basati sui risultati di prove in sito e di laboratorio.

Si differenziano gli approcci utilizzati per gli ancoraggi flessibili (di monte e laterali) e per le fondazioni dei montanti; i primi sono assimilati a tiranti passivi mentre i secondi a pali di fondazione. Le verifiche vengono eseguite per entrambe le tipologie considerando l'approccio A1+M1+R3.

Per gli ancoraggi flessibili, assimilati a tiranti di ancoraggio (cap. 6.6 delle NTC) si utilizza il coefficiente  $\gamma_R$  relativo all'approccio A1+M1+R3, nel caso di tiranti permanenti e che risulta pari a 1,2.

	SIMBOLO	COEFFICIENTE PARZIALE
	$\gamma_R$	
Temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1,1
Permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1,2

**Tabella 1. Coefficiente parziali  $\gamma_R$  da applicare alla resistenza per gli ancoraggi flessibili.**

Per le fondazioni alla base dei montanti si utilizza l'approccio indicato per i pali trivellati, sempre considerando approccio A1+M1+R3 (Tabella 6.4.II – Cap. 6 – Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018); per cui  $\gamma_R$  vale 1,25 a trazione e 1,15 a compressione.

**Tab. 6.4.II** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	$\gamma_R$	(R3)	(R3)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

### **Tabella 2. Coefficienti parziali $\gamma_R$ da applicare alle resistenze caratteristiche.**

Inoltre deve essere valutata la resistenza a sfilamento e ridurre il valore caratteristico di un fattore di correlazione ( $\xi_a$ ) che dipende sia della modalità con cui è stata definita la resistenza allo sfilamento ( a. dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova; b. con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio) sia della tipologia di ancoraggi considerati.

## **5 Modello di calcolo**

Si riassumono nel seguito i modelli di calcolo per ogni verifica considerata:

1. verifica della sezione di acciaio
2. verifica dell'interfaccia acciaio – malta
3. verifica dell'interfaccia malta – substrato

Dopo aver eseguito le verifiche (2) e (3) si considera la lunghezza di ancoraggio maggiore, a favore di sicurezza.

### **5.1 Verifica sezione acciaio**

Per questa verifica, essendo la tipologia di ancoraggio definita dal costruttore ed essendo le azioni agenti altrettanto fornite dal costruttore, ci si preoccupa semplicemente di verificare che la formula a) sia soddisfatta come disequazione, che nel caso specifico si esplicita nel seguente modo:

$$b) \quad F_d \leq \frac{R_c}{\gamma_s} = R_d$$

dove:

- $F_D$  è il valore di progetto dell'azione sollecitante
- $R_C$  è il valore rappresentativo della resistenza dell'ancoraggio
- $\gamma_S$  è il valore del fattore parziale dell'acciaio, pari a 1,15
- $R_D$  la resistenza di progetto dell'ancoraggio

## 5.2 Verifica dell'interfaccia acciaio – malta

In questo caso la formula a) si esplicita nel seguente modo:

$$c) \quad F_D \leq \frac{\tau_{a-m}}{\gamma_M} \cdot S_{Lat} \cdot L$$

dove:

- $F_D$  è l'azione di progetto
- $\gamma_M$  è il fattore parziale per l'adesione acciaio – malta, pari a 1.5
- $\tau_{a-m}$  è l'adesione acciaio - malta
- $S_{Lat}$  è la superficie effettiva di contatto malta – acciaio
- $L$  è la lunghezza dell'ancoraggio

Per l'adesione acciaio - malta si ha la seguente formulazione:

$$d) \quad \tau_{a-m} = \frac{f_{bk}}{1.5}$$

Da cui sostituendo le equazioni sotto riportate diventa:

$$\tau_{a-m} = \frac{2.25 \cdot 1 \cdot 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}}{1.5}$$

$$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} ; \text{ dove } \eta = 1 \text{ per diametri } \leq 32$$

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

Dove  $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica della malta di iniezione.

In caso di ancoraggi in barra la superficie laterale è quella nominale:

$$S_{Lat} = \pi \cdot d_{barra}$$

dove  $d$  è il diametro della barra.

In caso di ancoraggio in doppia fune spiroidale si ha la seguente equazione:

$$S_{Lat} = \gamma_{geom} \cdot 2 \cdot \pi \cdot d \quad [13]$$

dove  $\gamma_{geom}$  è un fattore di riduzione, pari a 0.80, dovuto al fatto che le due funi accoppiate non sviluppano una superficie di contatto con la malta pari alla somma delle due superfici delle singole funi.

Dove  $d_{ancoraggio}$  è il diametro utile dell'ancoraggio considerato.

Dalla c), inserendo la formula d), in funzione del caso analizzato, si ricava la lunghezza dell'ancoraggio per il caso in esame.

$$e) \quad L_1 \geq \frac{\gamma_M \cdot F_D}{S_{lat} \cdot \tau_{a-m}}$$

### 5.3 Verifica dell'interfaccia malta – substrato

In questo caso la formulazione a) assume la seguente forma:

$$f) \quad F_D \leq \frac{R_{ac}}{\gamma_R}$$

dove:

- $R_{ac}$  è il valore massimo di resistenza a sfilamento
- $\gamma_R$  è il fattore di sicurezza parziale per ancoraggi permanenti
- $F_D$  è l'azione di progetto sull'ancoraggio

Mentre  $R_{ac}$  è pari a:

$$g) \quad R_{ac} = \pi \cdot D_s \cdot L \cdot \frac{q_s}{\zeta_a}$$

Dove:

- $D_s$  è il diametro reale del bulbo considerando un coefficiente maggiorativo a seconda del substrato presente;
- $q_s$  è la resistenza unitaria limite allo scorrimento;
- $L$  è la lunghezza dell'ancoraggio;
- $\xi_a$  è il fattore parziale sulla determinazione di  $q_s$ .

Il diametro reale del bulbo viene calcolato con la seguente formula, inserendo il coefficiente maggiorativo  $\alpha_d$  e il diametro di perforazione  $D_d$ .

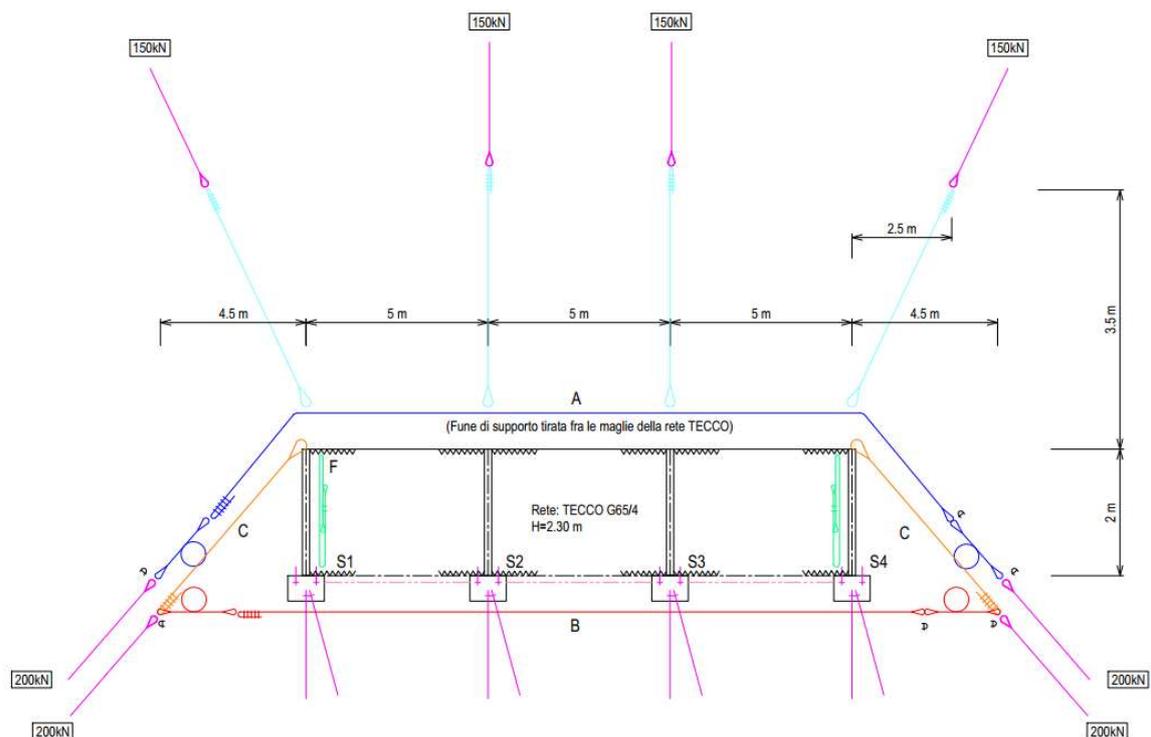
$$D_s = \alpha_d \cdot D_d$$

Sostituendo la formula g), nella f), e risolvendola per la lunghezza di ancoraggio, si ottiene:

$$h) \quad L_2 \geq \frac{\gamma_R \cdot \xi_a \cdot F_D}{\pi \cdot D_s \cdot q_s}$$

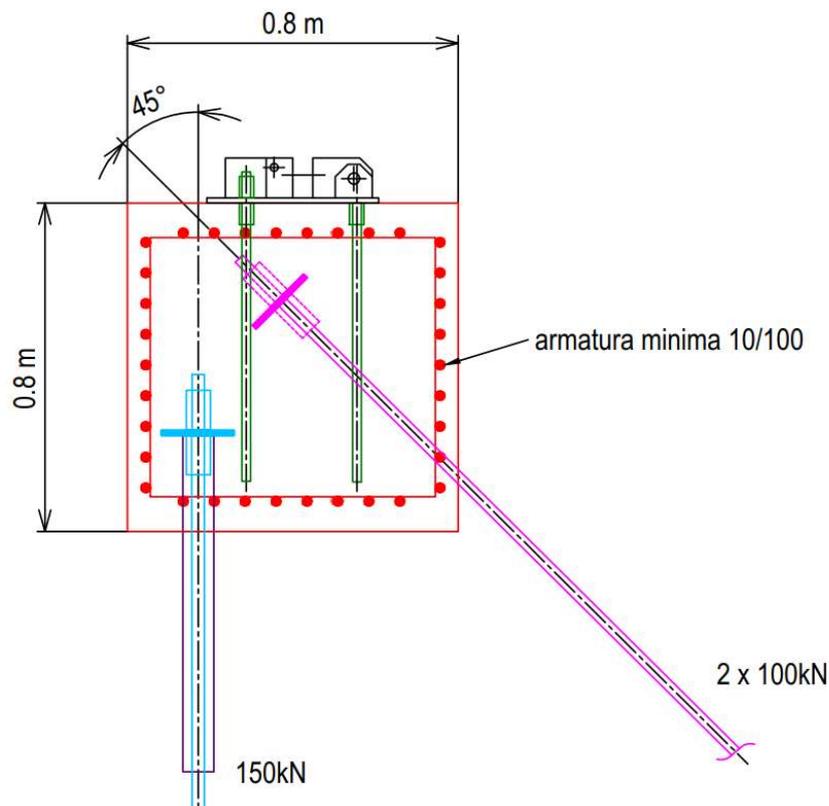
## 6 Azioni di progetto sugli ancoraggi

Il carico agente sugli ancoraggi di fondazione di una barriera contro le frane superficiali è estremamente variabile in funzione dei meccanismi di impatto e sollecitazione della struttura.



E' pur vero che sono stati misurati in occasione di eventi monitorati i carichi trasferiti alle fondazioni, ma la dispersione dei dati è tale che non possa essere determinato con sufficiente precisione il valore. Per questo motivo, si assume che il carico agente sugli ancoraggi non possa essere superiore al valore del carico massimo che il "sistema" funi di supporto più freni ad anello, è in grado di trasferire agli ancoraggi stessi. Il valore massimo per la barriera in oggetto risulta pari a 200 kN.

Per le azioni agenti delle barre sotto i montanti vale lo stesso discorso fatto per gli ancoraggi laterali e di monte; per cui per il dimensionamento si considera l'azione massima che può scaricare l'ancoraggio in barra a trazione che risulta pari a 100 kN per le barre oblique, mentre l'azione massima a compressione sulla barra verticale risulta pari a 150 kN.



**Figure 1. Schema delle fondazioni sotto i montanti.**

Le fondazioni sono costituite da due barre GEWI diametro di 40 mm che collegano la piastra del montante con il plinto in calcestruzzo e tre barre d'ancoraggio GEWI 32 mm che fondano il plinto nel terreno. Ipotizzando il plinto eseguito ad opera d'arte si considera che le azioni si trasmettano direttamente sulle barre GEWI da 32 mm.

Inoltre dall'analisi dei carichi durante i test in vera grandezza e analizzando l'impatto di una colata sulla barriera, le azioni principali che si generano sono a trazione e si possono quindi trascurare le azioni a taglio.

## 7 Dimensionamento degli ancoraggi flessibili e delle barre di fondazione

Il presente capitolo si propone di stabilire e definire le caratteristiche delle fondazioni e degli ancoraggi della barriera in oggetto. Di seguito vengono ripresi nuovamente i parametri necessari per il dimensionamento, riassumendo i valori utilizzati nei calcoli.

1)  $F_d$  azione di progetto;

Ancoraggi monte = 150 kN

Ancoraggi laterali = 200 kN

Barre di ancoraggio = 100 kN a trazione

Barre di ancoraggio = 150 kN a compressione

2)  $R_d$  resistenza di progetto ancoraggi (già ridotta di un fattore pari a 1.15);

Ancoraggi flessibili GA-7016/200 = 200 kN

Ancoraggi flessibili GA-7016/300 = 300 kN

Ancoraggi in barra GEWI 32 mm

Resistenza a trazione = 349 kN

$$R_d = \frac{f_y \cdot A}{\gamma_s} = \frac{500 \cdot 804}{1.15} = 349 \text{ kN}$$

Resistenza a taglio = 206 kN

$$R_d = \frac{f_y \cdot A}{\gamma_s \cdot \sqrt{3}} = \frac{500 \cdot 314}{1.15 \cdot \sqrt{3}} = 206 \text{ kN}$$

3)  $\tau_{a-m}$  adesione acciaio-malta;

Dalla formulazione d), considerando un valore di  $f_{ck}$  pari a 20 N/mm<sup>2</sup>, si ottiene  $\tau_{a-m} = 2.32$  N/mm<sup>2</sup>.

4)  $\gamma_M$  fattore parziale per l'adesione malta – acciaio

Pari a 1,5.

5)  $S_{Lat}$  è la superficie effettiva di contatto malta – acciaio

$S_{Lat}$  ancoraggi flessibili GA-7016 = 119.6 mm ( $\pi d$ )

$S_{Lat}$  barre GEWI 32 mm = 100.5 mm ( $\pi d$ )

6)  $R_{ac}$  valore massimo di resistenza a sfilamento

Calcolato con la formula g) e dipendente dai seguenti parametri 7), 8), 9), 10):

7)  $D_s$  è il diametro reale del bulbo considerando un coefficiente maggiorativo ( $\alpha_s$ )

$D_d$  [diametro di perforazione] = 76.2 mm (3 pollici)

$\alpha_s = 1,0$  a favore di sicurezza; secondo tabelle Raccomandazioni AICAP, nel caso di iniezione globale con processo di messa in pressione unico (IGU).

8)  $L$ , lunghezza degli ancoraggi

9)  $\xi_a$  fattore parziale sulla determinazione di  $q_s$

$\xi_a$  pari a 1,7 per i pali.

$\xi_a$  pari a 1,8 per i tiranti.

Tali valori sono i valori massimi possibili in quanto non presenti prove di estrazione da cui ricavare un parametro di adesione malta-substrato.

10)  $q_s$  è la resistenza unitaria limite allo scorrimento

Ricavato dai diagrammi sperimentali riportati nelle Raccomandazioni AICAP e pari a 0,5 N/mm<sup>2</sup>.

11)  $\gamma_R$  fattore di sicurezza parziale sulla resistenza caratteristica

Pari a 1.2 per gli ancoraggi flessibili

Pari a 1,25 per gli ancoraggi in barra in trazione

Pari a 1,15 per gli ancoraggi in barra in compressione.

## **7.1 Ancoraggi flessibili laterali e di monte**

Per gli ancoraggi laterali e per quelli di monte il carico di progetto è quello descritto precedentemente e in particolare vale rispettivamente 200 kN e 150 kN

### Ancoraggi monte

In questo caso  $F_D$  è pari a 150 kN, mentre  $R_k$  è pari a 200 kN; quindi si ha

#### Verifica della sezione di acciaio:

$$150 \leq 200 \text{ kN}$$

[soddisfatto]

Verifica sfilamento acciaio – malta

$$L_1 \geq \frac{\gamma_M \cdot F_D}{s_{lat} \cdot \tau_{acciaio-malt}} = \frac{1.5 \cdot 150000}{119.6 \cdot 2.32} = 810 \text{ mm}$$

Verifica sfilamento malta di iniezione - substrato

$$L_2 \geq \frac{\gamma_R \cdot \xi_a \cdot F_D}{\pi \cdot D_s \cdot \tau_{substrato-malt}} = \frac{1.2 \cdot 1.8 \cdot 150000}{\pi \cdot 76.2 \cdot 0.5} = 2708 \text{ mm}$$

**Considerando il massimo valore tra le due verifiche ed approssimando all'unità superiore, la lunghezza degli ancoraggi flessibili, di monte e laterali diviene pari a 3.0 m.**

Ancoraggi laterali

In questo caso  $F_D$  è pari a 200 kN, mentre  $R_k$  è pari a 300 kN; quindi si ha

Verifica della sezione di acciaio:

$$200 \text{ kN} \leq 300 \text{ kN} \quad \text{[soddisfatto]}$$

Verifica sfilamento acciaio – malta

$$L_1 \geq \frac{\gamma_M \cdot F_D}{s_{lat} \cdot \tau_{acciaio-malta}} = \frac{1.5 \cdot 200000}{119.6 \cdot 2.32} = 1081 \text{ mm}$$

Verifica sfilamento malta di iniezione - substrato

$$L_2 \geq \frac{\gamma_R \cdot \xi_a \cdot F_D}{\pi \cdot D_s \cdot \tau_{substrato-malt}} = \frac{1.2 \cdot 1.8 \cdot 200000}{\pi \cdot 76.2 \cdot 0.5} = 3611 \text{ mm}$$

**Considerando il massimo valore tra le due verifiche ed approssimando all'unità superiore, la lunghezza degli ancoraggi flessibili, di monte e laterali diviene pari a 4.0 m.**

## 7.2 Barre per la fondazione dei montanti

Le barre di ancoraggio utilizzate per fondare il plinto di calcestruzzo con il terreno sottostante del tipo GEWI con diametro pari a 32 mm.

Si considera che il collegamento piastra di base del montante (tramite due barre d'ancoraggio) con il plinto in calcestruzzo sia eseguito a regola d'arte per cui le azioni si scarichino interamente sulle barre d'ancoraggio che collegano il plinto al terreno.

### Verifica della sezione di acciaio a trazione e a compressione:

$150 \text{ kN} \leq 349 \text{ kN}$  soddisfatta (compressione)

$100 \text{ kN} \leq 349 \text{ kN}$  soddisfatta (trazione)

### Verifica sfilamento acciaio-malta

Si considera il caso con il carico massimo, relativo al carico a compressione.

$$L_1 \geq \frac{\gamma_M \cdot F_D}{s_{lat} \cdot \tau_{acciaio-malt}} = \frac{1.5 \cdot 150000}{\pi \cdot 32 \cdot 2.32} = 965 \text{ mm}$$

### Verifica sfilamento malta di iniezione-substrato

Si valutano i due ancoraggi caricati a trazione e per cui si ha un carico su singolo ancoraggio pari a 100 kN.

$$L_2 \geq \frac{\gamma_R \cdot \xi_\alpha \cdot F_D}{\pi \cdot D_s \cdot \tau_{substrato-malt}} = \frac{1.25 \cdot 1.7 \cdot 100000}{\pi \cdot 76.2 \cdot 0.5} = 1776 \text{ mm}$$

### Verifica ancoraggio dei montanti

Si valuta infine l'ancoraggio verticale compresso per cui si determina la portata limite con la relazione di Bustamante-Doix (1985):

$$P_L = k \cdot \pi \cdot \alpha \cdot D_{perf} \cdot \sum_i (L_i \cdot q_{si}) = 1.25 \cdot 3.14 \cdot 1.0 \cdot 76.2 \cdot 2000 \cdot 0.5 =$$

Dove:

- k coefficiente di maggiorazione che tiene conto nel calcolo della resistenza a compressione del contributo di resistenza di punta pari a 1,25
- $\alpha$  coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione, posto pari a 1,0.

- i indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari a 1 (un solo strato)
- $D_{perf}$  Diametro di perforazione utilizzato, pari a 76.2 mm
- $L_1$  Lunghezza utile di aderenza del micropalo, pari a 2000 mm
- $q_{s,1}$  Tensione limite di attrito laterale che dipende oltre dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio e considerato pari a 0,5 N/mm<sup>2</sup>.

Considerando un unico strato si ottiene

$$\sum_i (L_i \cdot q_{si}) = 2000 \cdot 0.5 = 1000 \text{ N/mm}^2$$

Si ottiene:

$$P_L = 299 \text{ kN}$$

Considerando un fattore di sicurezza pari a 2,5 si ottiene il carico utile:

$$P_U = \frac{P_L}{2.5} =$$

$$P_U = 120 \text{ kN} \geq 100 \text{ kN}$$

Per cui la verifica è superata essendo  $P_U \geq F_D$ .

**Considerano la lunghezza massima tra le verifiche ed approssimando all'unità superiore si ottiene una lunghezza delle barre sotto i montanti pari a 2.0 m.**

## 8 Conclusioni

Alla luce delle Norme Tecniche, sono state verificate le sezioni di acciaio e le lunghezze di ancoraggio del sistema di fondazioni delle barriere contro le frane superficiali SL-100, con altezza utile pari a 2.0 m, in possesso di certificato ETA e relativa marcatura CE. La scelta delle barriere suddette è motivata dal fatto che esse sono le uniche barriere testate in vera grandezza e appositamente studiate per questo tipo di fenomeno naturale.

Di seguito si illustra il riassunto dei risultati:

Barriera	Descrizione	Tipologia	Lunghezza [m]
SL-100 H=2.00 m	Ancoraggio di monte	GA – 7016/200	3,00
	Ancoraggio laterale	GA – 7016/300	4.00
	Ancoraggi in barra sotto i montanti	GEWI d=32 mm	2,00

**Tabella 3. Riepilogo della lunghezza degli ancoraggi per la barriera SL-100.**

## **9 Allegati**

Scheda tecnica

Disegno tecnico



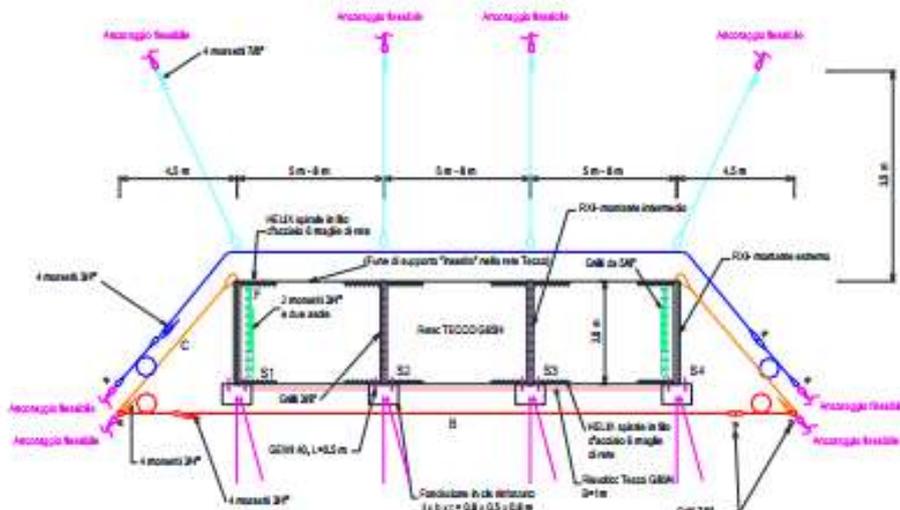
## DATI TECNICI

### Barriere Shallow Landslide mod. SL-100

Barriere flessibili contro le frane superficiali.

Pressione massima di trattenuta: 100 kPa<sup>a)</sup>

Caratteristiche		Diametro	
Altezza standard	2.0 m		22 mm
Interasse montanti	5 m / 8 m	<i>Controvento laterale</i>	
<b>Sovrastruttura: montanti di sostegno</b>		Numero	2 (1 per lato)
Tipologia	HEB 120	<i>Fune di supporto superiore</i>	
Acciaio	S 235 JR	Numero	1
<b>Sovrastruttura: pannello di intercettazione in rete</b>		<i>Fune di supporto inferiore</i>	
Tipologia rete	TECCO® G65/4	Numero	1
Dimensione della maglia	83 x 138 mm	<i>Fune verticale</i>	
Diametro del cerchio inscritto	63 mm	Numero	2 (1 per lato)
Diametro filo elementare	4 mm	Tipologia	6x36
Zincatura	Zn-Al	Diametro	20 mm
Classe di acciaio	f <sub>t</sub> ≥ 1770 N/mm <sup>2</sup>	<b>Sottostruttura: config. standard ancoraggi<sup>c)</sup></b>	
Resistenza alla trazione	≥ 250 kN/m	<i>Ancoraggi di monte</i>	
Peso unitario complessivo <sup>c)</sup>	3.3 kg/m <sup>2</sup>	Numero	Nr. Montanti
<b>Sovrastruttura: asole frenanti</b>		Carico di rottura min.	150 kN
<i>Sulle funi di supporto</i>		<i>Ancoraggi laterali</i>	
Numero	2 per ogni fune (1xlato)	Numero	4 (2 per lato)
Tipologia	GS-8002	Carico di rottura min.	200 kN
Diametro	50 cm	<i>Barre ancoraggio montanti</i>	
<b>Sovrastruttura: funi</b>		Numero	3 per montante
<i>Controvento dei montanti</i>		Carico di rottura min.	150 kN (barra verticale) 100 kN (barre oblique)
Numero	1 per ogni montante	Note:	
Tipologia	6x36	a) Pressione indotta da carico dinamico. In accordo a test WSL	
		b) Altre su richiesta	
		c) Valore indicativo	
		d) Da dimensionare in base alle caratteristiche del sito	



Le cadute di massi, gli scioglimenti, le colate di fango o di detrito e le valanghe sono eventi naturali sporadici non prevedibili. La causa scatenante può essere di origine umana (edificazioni,...) o naturale (clima, terremoti,...). L'incolumità delle persone e delle cose, essendo molteplici ed imprevedibili le cause dirompenti, non può essere garantita solo facendo affidamento alle conoscenze scientifiche. Procedimenti di calcolo ingegneristici che fanno riferimento a parametri noti e la messa in sicurezza di zone a rischio, riducono considerevolmente il pericolo. Regolari interventi di controllo e manutenzione delle opere di protezione sono però indispensabili per garantire lo standard di protezione il cui degrado può essere causato da impatti di massi o piante, dalla corrosione degli agenti atmosferici aggressivi o da manomissioni.

# SHALLSLIDE ONLINE TOOL

SHALLSLIDE - tool for dimensioning of flexible shallow landslides.

Project no.: 22-902-PAD  
Project name: Vico Equense (NA)  
Date/Author: 22.04.2022 SS

## Load case #1

### Starting volume and density of shallow landslide

Width of the starting volume	$b_0$	=	10 [m]
Total starting volume shallow landslide	$V$	=	150 [m <sup>3</sup> ]
Density of shallow landslide material		=	2100 [kg/m <sup>3</sup> ]

### Safety factor

global safety factor	SF	=	1.1
----------------------	----	---	-----

### Slope geometry

Distance from breakout zone to barrier location	$L_0$	=	100 [m]
Spreading angle of starting volume	$\vartheta$	=	5 [°]
Additional width at impact section on each side of $b_0$	$b'$	=	9 [m]
Width of shallow landslide at the impact point	$b_1$	=	27 [m]

### Calculation of max. peak discharge and flow height at barrier location

Maximum speed of shallow landslide at impact section (chosen)	$v$	=	6 [m/s]
Travel time of landslide front between starting zone and impact section	$T$	=	16.67 [s]
Peak discharge (calculated)	$Q_{p, rec}$	=	9.00 [m <sup>3</sup> /s]
Peak discharge (chosen)	$Q_p$	=	48 [m <sup>3</sup> /s]
Flow height (calculated)	$h_{fi}$	=	0.29 [m]

### Flexible, permeable debris flow protection system

System type / post distance	Type	=	GEOBRUGG SL 100 / 5 [m]
Maximum system height	$H_{0, max}$	=	2 [m]
Maximum post distance	$d_{0, max}$	=	5 [m]
Minimum barrier length (calculated and recommended)	$B_{min, calc}$	=	30.00 [m]
Minimum barrier length (chosen)	$B_{min}$	=	54 [m]

Proof of dynamic impact	
Dynamic load coefficient	$C_w = 1$
Dynamic load pressure (acc. to 1:1 field tests)	$P_{dyn} = 22.03 \text{ [kN/m}^2\text{h}_n]$
Load capacity of barrier	$R_{dyn} = 31.76 \text{ [kN/m}^2\text{h}_n]$
Safety factor	$SF_{dyn} = 1.44$
Proof of dynamic impact	Fulfilled

Proof of retention volume	
System height of the filled barrier	$H_1 = 1.50 \text{ [m]}$
Slope angle	$= 55 \text{ [%]}$
	$28.81 \text{ [}^\circ\text{]}$
Inclination of retained material behind the barrier (acc. Rickenmann)	$\beta_{1,rec} = 36.67 \text{ [%]}$
Inclination of retained material behind the barrier (chosen)	$\beta = 18 \text{ [%]}$
	$10.20 \text{ [}^\circ\text{]}$
Inclination between barrier and slope	$= 81.19 \text{ [}^\circ\text{]}$
Retention volume per linear meter	$V_{ret} = 3.30 \text{ [m}^3\text{/m]}$
Total retention volume	$V_{ret,total} = 178.31 \text{ [m}^3\text{]}$
Proof of retention volume	Fulfilled
Overflow	$= 0.00 \text{ [m}^3\text{]}$

### Barrier and retained material behind barrier - Load case #1

