

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO
Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)
e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)
1° stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

COD. AN58

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTI:

Ing. VINCENZO MARZI
Ordine Ingegneri di Bari n. 3594

IL GEOLOGO

Geol. FRANCESCO MATALONI
Ordine Geologici del Lazio n. 725

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. GIOVANNI MAGARO'
Ordine Architetti di Roma n. 16183

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. ing. ANTONIO SCALAMANDRÈ

PROTOCOLLO

DATA:

GEOTECNICA

Relazione interventi di sistemazione dei versanti

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE					
PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.		T00GE00GETRE03A								
L	O	7	0	2	M	D	1	8	0	1
CODICE ELAB.		T00GE00GETRE03			A	varie				
D										
C										
B										
A	EMISSIONE		Giugno 2018							
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO				

INDICE

1. MESSA IN SICUREZZA DEI VERSANTI	2
1.1 MATERIALI PER PARETE CHIODATA DEFINITIVA	2
1.2 SOFTWARE DI CALCOLO	2
1.3 AZIONE SISMICA.....	5
1.4 RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ.....	6
1.4.1 Condizioni sismiche: versante naturale	6
1.4.2 Condizioni sismiche: stabilizzazione mediante chiodatura	9
2. CONCLUSIONI	12

1.MESSA IN SICUREZZA DEI VERSANTI

Si riportano di seguito le verifiche effettuate per il dimensionamento degli interventi di messa in sicurezza dei versanti tramite la tecnica del soil nailing. In particolare è stato individuato questo tipo di intervento per garantire la messa in sicurezza della parete rocciosa presente all'imbocco della galleria naturale lato Marche e delle scarpate create per la sistemazione del versante a monte del muro dell'asse 5 all'imbocco lato Umbria.

Le verifiche sono state condotte individuando la configurazione più sfavorevole rispetto alla stabilità di versante per entrambi i casi, che corrisponde a quella presente all'imbocco lato Marche, e poiché le caratteristiche geotecniche dell'ammasso sono omogenee, le verifiche e quindi le caratteristiche dell'intervento proposto sono estendibili anche al versante lato Umbria.

1.1 MATERIALI PER PARETE CHIODATA DEFINITIVA

Barre ad aderenza migliorata di tipo definitivo (Diwydag tipo GEWI o equivalente):

- Diametro chiodo 32 mm
- Qualità acciaio 500/550 N/mm²
- Carico di snervamento ≥ 245 kN;
- Carico ultimo ≥ 270 kN;
- Diametro perforazione = 90 mm.

Rete metallica elettrosaldata a doppia torsione con maglia esagonale:

- Spessore ≥ 0.5 mm
- Maglia tipo 8x10 cm
- Filo diametro 3.0 mm

1.2 SOFTWARE DI CALCOLO

La stabilità della parete rocciosa è stata analizzata mediante il software di calcolo 3.2 SLOPE / W, VER. 2012 DI GEO-SLOPE INT. LTD., CANADA.

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Le analisi di stabilità sono state eseguite utilizzando il programma di calcolo SLOPE / W.

Il programma si basa sull'applicazione di diversi metodi dell'equilibrio limite in condizioni bidimensionali quali il metodo di Morgenstern-Price, Bishop semplificato (1955), quello di Janbu semplificato (1973) e quello di Spencer (1967). I fattori di sicurezza presi in considerazione nel

seguito sono stati ottenuti tramite il metodo di Morgenstern-Price.

Il metodo valuta le condizioni di stabilità di un pendio naturale o di una scarpata artificiale ricercando per tentativi la superficie di scivolamento "critica" (ossia quella a cui compete il coefficiente di sicurezza F_s minimo) e verificando se tale valore risulta maggiore o minore di 1.2 (combinazione A2+M2+R2). Il valore di $F_s=1.2$ corrisponde ad una situazione di incipiente scivolamento del pendio lungo la superficie di scorrimento considerata.

Il metodo si basa sulla considerazione dell'equilibrio di un blocco (o "cuneo") rigido di terreno rappresentato nella seguente figura.

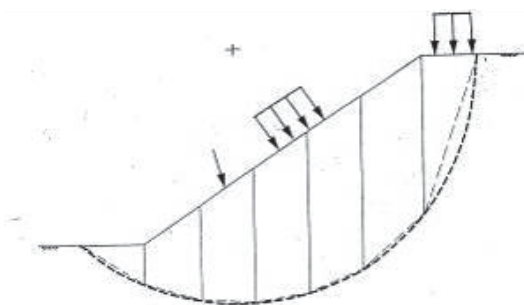


Figura 1-1 –Suddivisione in concetti del meccanismo di rottura

Il cuneo è soggetto sia all'azione del peso proprio sia a quella di eventuali forze esterne di varia natura (sovraccarichi verticali, azioni dei tiranti, forze di inerzia sismiche, ecc.); inoltre è possibile considerare la presenza della falda all'interno del pendio, trascurando il fenomeno di filtrazione.

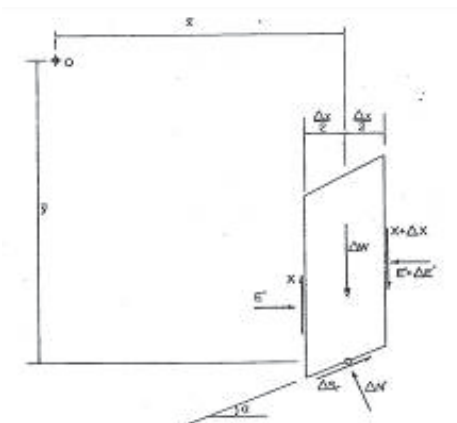


Figura 1-2 – Forze agenti sul singolo concetto

A questo scopo il blocco viene dapprima suddiviso in concetti e l'equilibrio globale è analizzato come somma dell'equilibrio di ciascuno di essi facendo delle assunzioni semplificatrici sulle forze reciproche tra i concetti.

Il metodo consente di valutare un valore del coefficiente di sicurezza medio della superficie di

scivolamento definito come:

$$F_s = \frac{(\tau_{ult})_m}{\tau_m}$$

essendo:

$(\tau_{ult})_m$ = resistenza al taglio media del terreno lungo la superficie di scivolamento;

τ_m = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

Il programma ricerca automaticamente la superficie di scorrimento "critica" con un procedimento iterativo basato sul tracciamento automatico delle superfici circolari e sul successivo calcolo del coefficiente di sicurezza di ciascuna di esse.

A questo proposito viene dapprima individuato un settore di passaggio (o un punto) comune a tutte le superfici di scivolamento (ad esempio: un tratto su uno dei contorni del pendio) ed una griglia di punti che vengono utilizzati come centro delle varie possibili superfici di scivolamento. Per ciascuna di esse viene eseguito il calcolo del coefficiente di sicurezza ed il valore più piccolo tra quelli ottenuti è assegnato all'intero pendio.

Eventualmente la procedura può essere ripetuta imponendo altri vincoli alle superfici di scivolamento in modo da migliorare l'affidabilità della ricerca.

L'analisi tiene conto della presenza dei tiranti e si possono verificare 3 condizioni:

- a) il bulbo di ancoraggio ricade completamente al di fuori della superficie critica di scorrimento e quindi la resistenza allo sfilamento è moltiplicata per la lunghezza di ancoraggio;
- b) la superficie di scorrimento taglia il bulbo ed in questo caso solo la parte di bulbo all'esterno della superficie resiste allo sfilamento;
- c) il bulbo è all'interno della superficie di scorrimento e quindi non lavora a trazione.

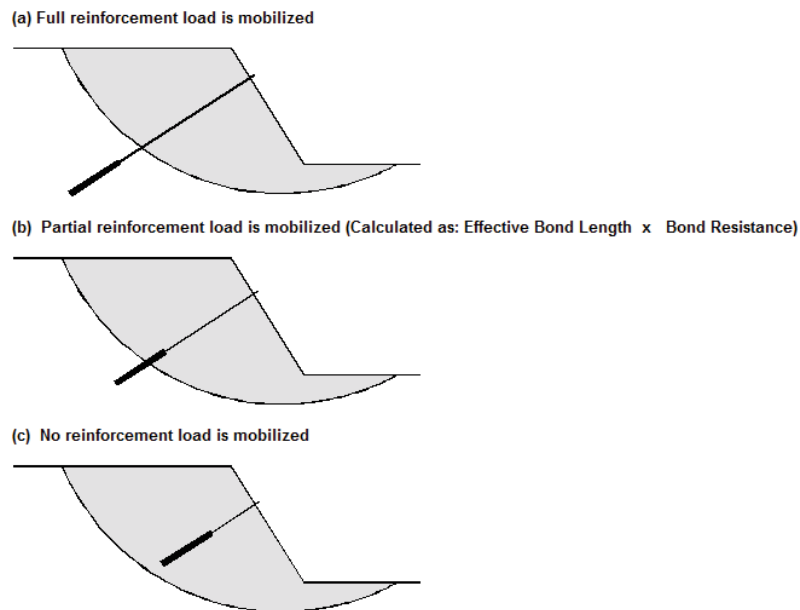


Figura 1-3 – Sfruttamento dei tiranti

1.3 AZIONE SISMICA

L'azione di un sisma di lungo termine è stata tenuta in considerazione introducendo i seguenti coefficienti sismici:

$$k_h = \beta_s \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5k_h$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'azione orizzontale massima attesa, dipendente dall'accelerazione massima e dalla categoria di sottosuolo;

$a_{\max} = ag \times S_s \times S_T$ = accelerazione orizzontale massima attesa.

L'aumento di carico che provoca l'applicazione dell'accelerazione sismica in modo pseudostatico all'interno del modello è caratterizzato dai seguenti valori dei coefficienti sismici orizzontale e verticale:

- $k_H = 0.067g$
- $k_V = \pm 0.033g$

Nella tabella vengono riportati i parametri utilizzati per il materiale, ricavati direttamente dalle verifiche di stabilità eseguite in fase di progetto esecutivo nella relazione R1407P202b:

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE INTERVENTI DI SISTEMAZIONE DEI VERSANTI

STRATO	Peso di volume γ_k	M1 Angolo di resistenza al taglio ϕ_k	M1 Coesione efficace c'_k	M2 Angolo di resistenza al taglio ϕ_d	M2 Coesione efficace c'_d
	kN/m ³	°	kPa	°	kPa
Torbiditi Pelitico-arenacee	26	28	0	23.5	0

I risultati delle analisi di stabilità eseguite tramite il criterio di Janbu su superfici spezzate imposte, mostrano come le verifiche non soddisfino i requisiti da NTC'18 ($FS \geq 1.2$), comportando la necessità di intervento tramite chiodature definitive aventi le seguenti caratteristiche:

- $L = 9$ m
- $\Phi = 32$ mm
- $\tau_{lim\ terreno} = 180$ KPa
- maglia 3x3 m
- $\alpha = 30^\circ$

1.4 RISULTATI ANALISI DI STABILITÀ

1.4.1 Condizioni sismiche: versante naturale

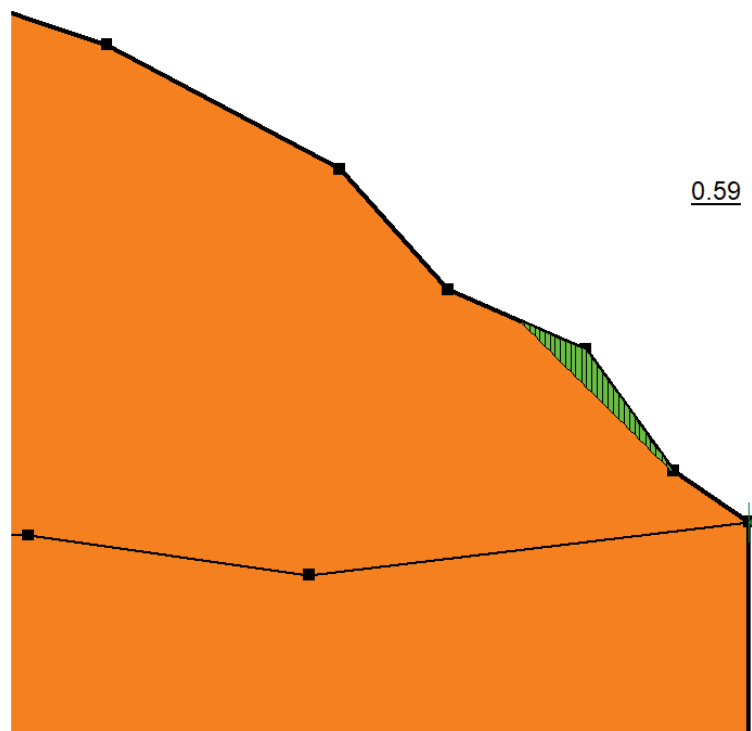


Figura 1-4 – Superficie di scorrimento 1 – Condizioni sismiche

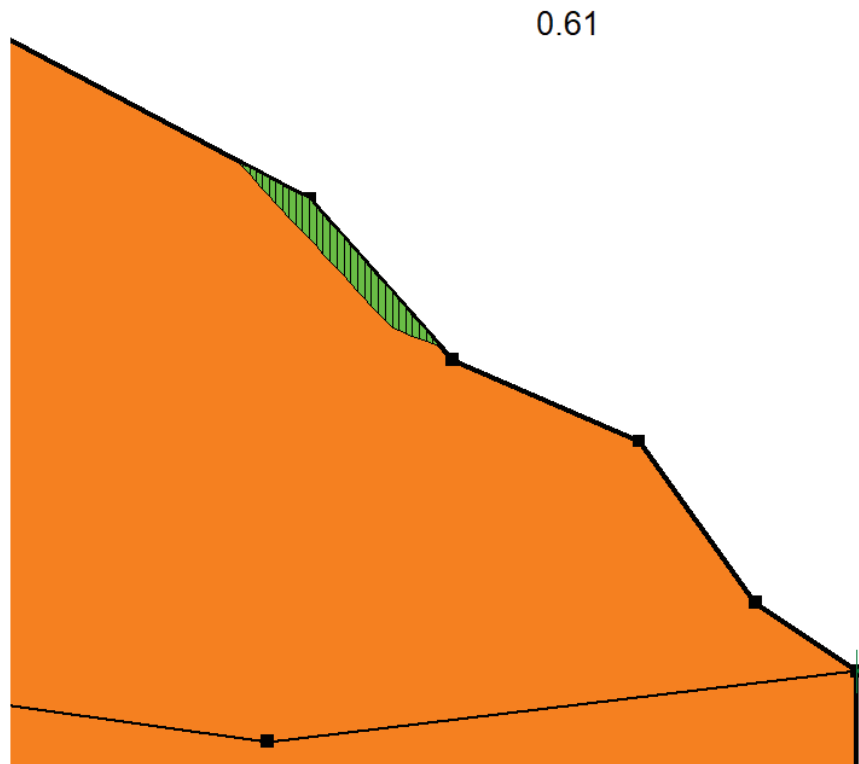


Figura 1-5 – Superficie di scorrimento 2 – Condizioni sismiche

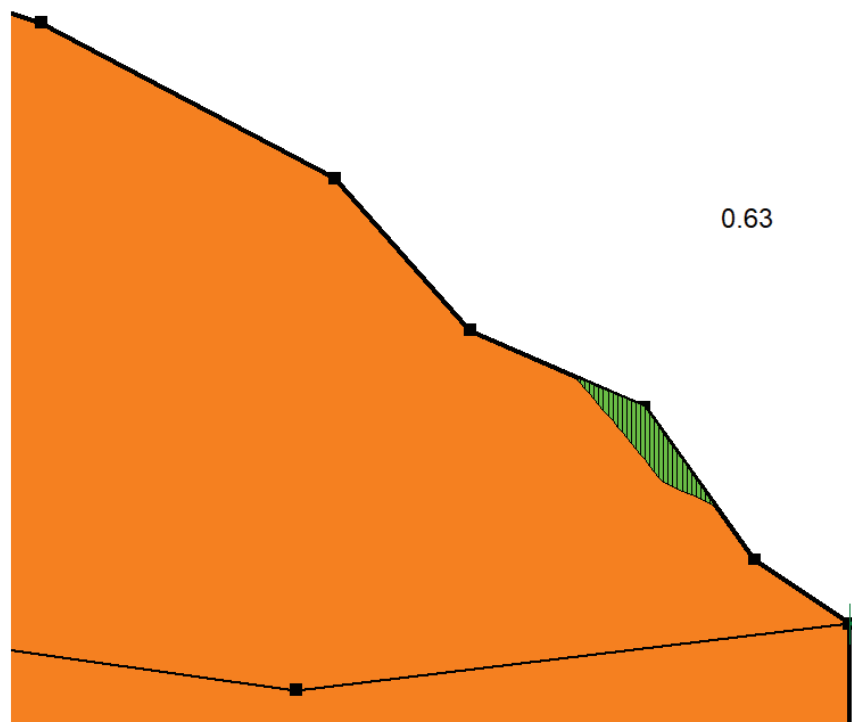


Figura 1-6 – Superficie di scorrimento 3 – Condizioni sismiche

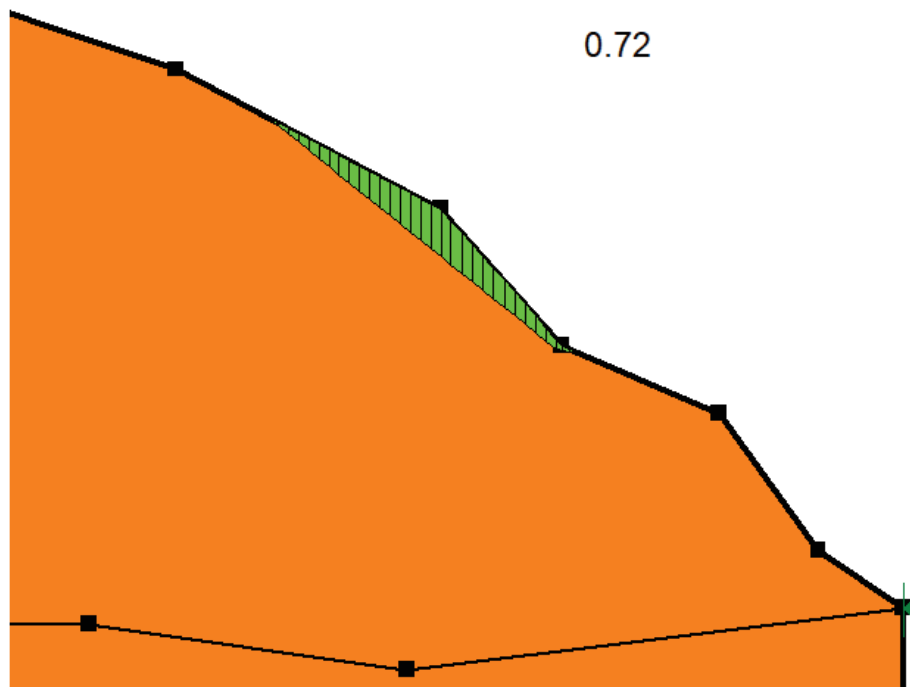


Figura 1-7 – Superficie di scorrimento 4 – Condizioni sismiche

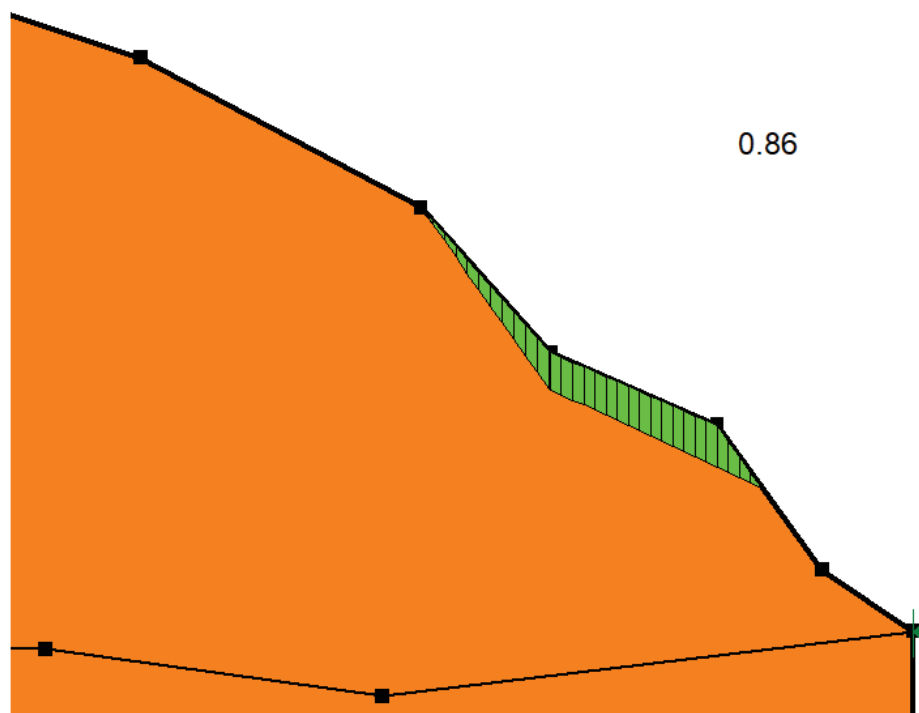


Figura 1-8 – Superficie di scorrimento 5 – Condizioni sismiche

È dunque possibile osservare come i fattori di sicurezza siano nettamente inferiore al valore minimo previsto da normativa: è necessario un intervento di stabilizzazione tramite chiodatura in acciaio.

1.4.2 Condizioni sismiche: stabilizzazione mediante chiodatura

Si mostrano di seguito i risultati delle analisi di stabilità eseguite nei confronti delle medesime superfici di scorrimento imposte precedentemente.

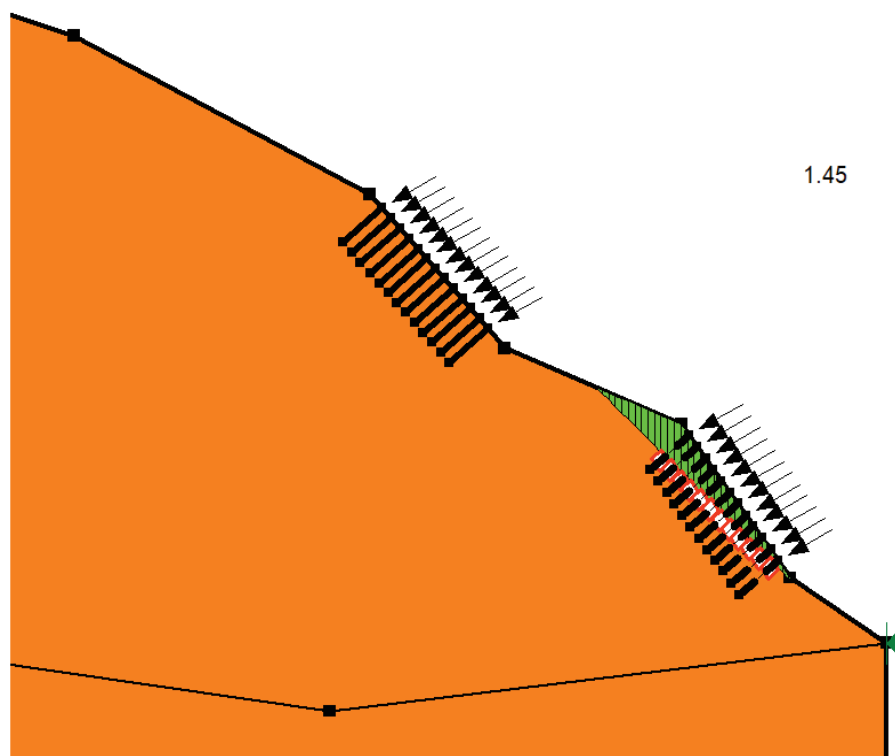


Figura 1-9 – Superficie di scorrimento 1 – Condizioni sismiche con intervento di chiodatura definitiva

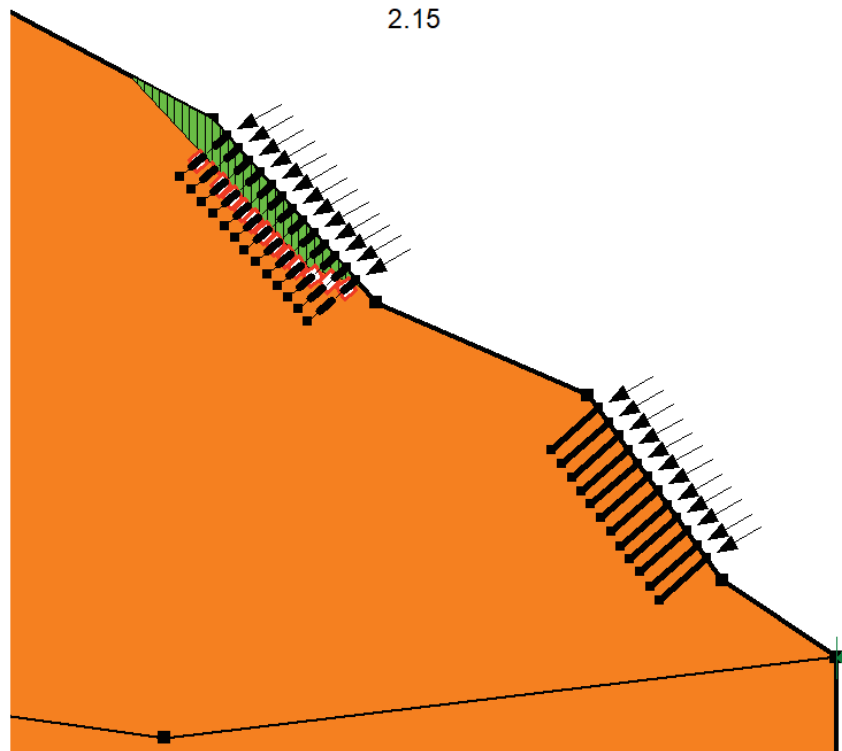


Figura 1-10 – Superficie di scorrimento 2 – Condizioni sismiche con intervento di chiodatura definitiva

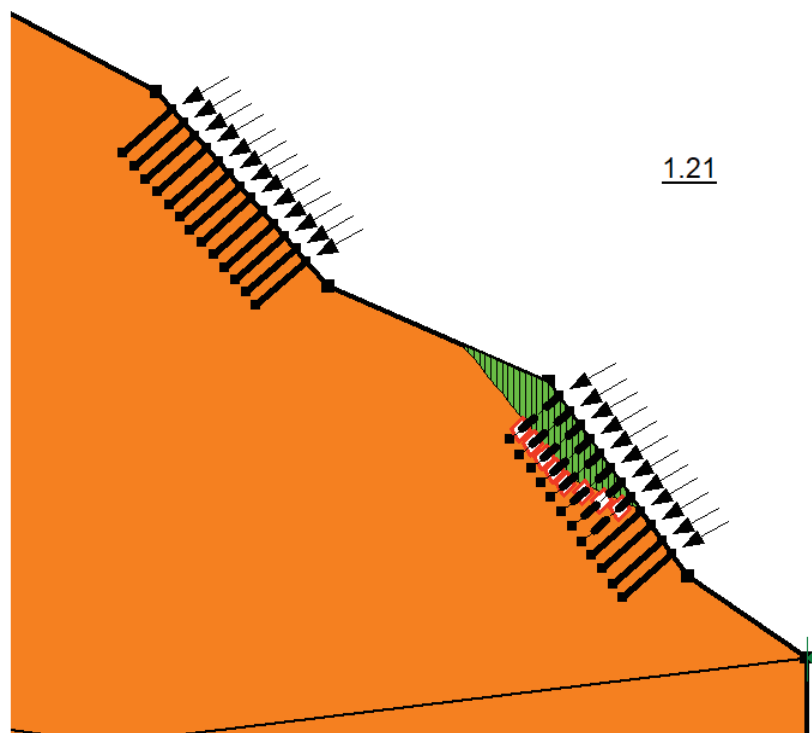


Figura 1-11 – Superficie di scorrimento 3 – Condizioni sismiche con intervento di chiodatura definitiva

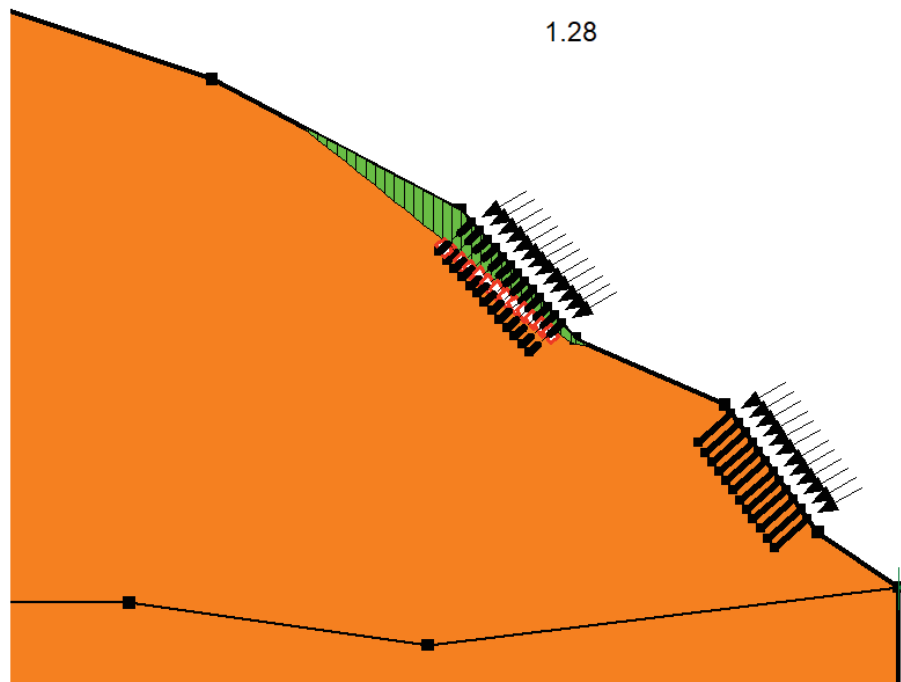


Figura 1-12 – Superficie di scorrimento 4 – Condizioni sismiche con intervento di chiodatura definitiva

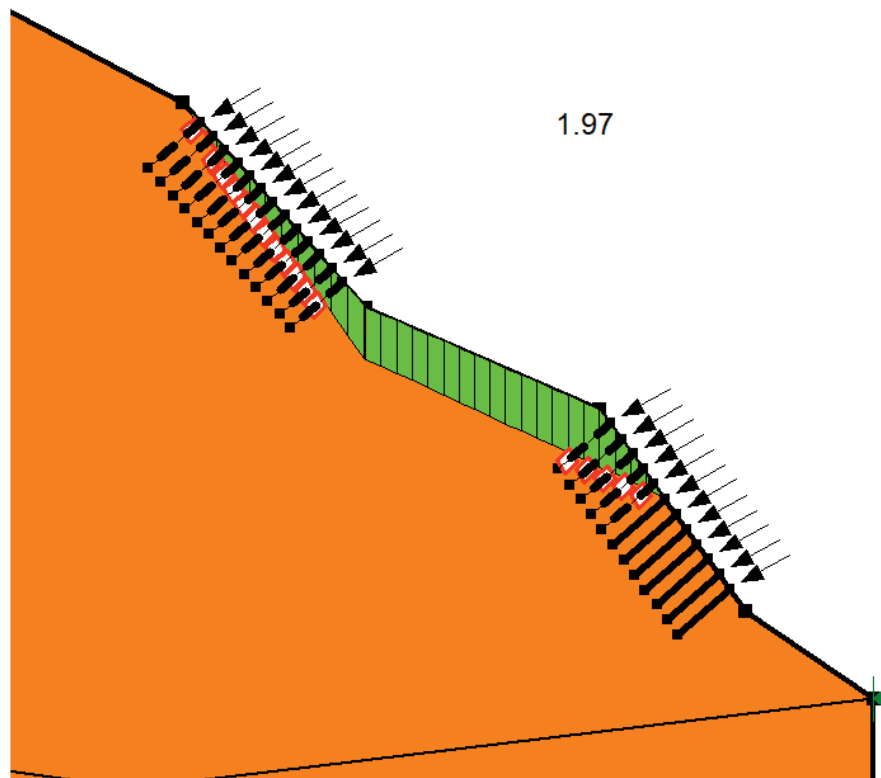


Figura 1-13 – Superficie di scorrimento 5 – Condizioni sismiche con intervento di chiodatura definitiva

2.CONCLUSIONI

Oggetto della presente relazione sono state le verifiche di stabilità della parete rocciosa presente all'imbocco lato Marche. Tali analisi hanno evidenziato delle criticità in merito alla resistenza in condizioni sismiche che hanno comportato la necessità di realizzare un intervento di stabilizzazione tramite chiodatura definitiva e rete di contenimento in acciaio. Poiché è stata considerata la configurazione più sfavorevole rispetto alla stabilità di versante, tali verifiche, e di conseguenza le caratteristiche dell'intervento individuato, possono essere estese alla messa in sicurezza delle sistemazione delle scarpate a monte del muro sull'asse 5 all'imbocco lato Umbria.