

UNIONE MONTANA ALPI GRAIE

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

PROGETTO NUOVA SCIOVIA "COLLE DELLE LANCE"

ITALIA

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI
TORINO

COMUNE DI
USSEGLIO

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione tecnica di progetto sistemi di contenimento in terre rinforzate

CODICE GENERALE ELABORATO

COMMESSA	CODICE OPERA	AREA PROGETTAZIONE	LIVELLO PROGETTO	N° ELABORATO	VERSIONE
ST122-20	RICDL	GE	D	11.4	1

IDENTIFICAZIONE FILE: ST122-20_RICDL_GE_D_11.4_1.doc

Versione	Data	Disegnato	Approvato	Oggetto
0	05/2020	AS	FB	Prima emissione
1	08/2021	AP	FB	Seconda emissione
2				
3				

RESPONSABILE DI PROGETTO



- dott. ing. Francesco BELMONDO

PROGETTISTI



- dott. ing. Francesco BELMONDO

- dott. ing. Alberto BETTINI

TIMBRI - FIRME



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

arch. Marco MICHELOTTI

FIRMA

BBE Studio Ing. Associati - Via Brunetta, 12 - 10059 SUSÀ (TO)
Tel. 0122/32897 - Fax 0122/738012
e-mail info@bbsrl.it
P.IVA 07147450014

Questo elaborato è di proprietà dell'Unione Montana Alpi Graie - Città Metropolitana di Torino
Qualsiasi divulgazione o riproduzione anche parziale deve essere espressamente autorizzata

REGIONE PIEMONTE

CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

COMUNE DI USSEGLIO

**REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCIOVIA
“COLLE DELLE LANCE”**

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO

SISTEMI DI CONTENIMENTO IN TERRE RINFORZATE

A blue ink signature is written over a circular professional stamp. The stamp contains the text: "ORDINE GEOLOGI REGIONE PIEMONTE", "MASSIMO CECCUCCI", "GEOLOGO", "A.P. SEZ. A", "N. 475", and "ALBO PROFESSIONALE".

Dott. Geol. Massimo Ceccucci

AGOSTO 2021

REGIONE PIEMONTE
CITTÀ METROPOLITA DI TORINO
COMUNE DI USSEGLIO

**REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SCIOVIA
"COLLE DELLE LANCE"
PROGETTO DEFINITIVO**

RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO
SISTEMI DI CONTENIMENTO IN TERRE RINFORZATE

AGOSTO 2021

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO	4
2.1	FASI COSTRUTTIVE DI MANUFATTO IN TERRA RINFORZATA.....	4
2.1.1	Preparazione dello scavo di sbancamento.....	4
2.1.2	Sistema di sostegno con elementi preconfezionati	4
2.1.3	Posa in opera del terreno di riempimento.....	5
2.1.4	Sistema di drenaggio	5
2.2	PARTICOLARI COSTRUTTIVI E INDICAZIONI DI PROGETTO	6
2.3	CONCLUSIONI.....	7
3	VERIFICA DI STABILITÀ	8
3.1	Metodo equilibrio limite (LEM).....	8
3.2	Metodo dei conci	8
3.3	Metodo di Fellenius (1927).....	9
3.4	Metodo di Janbu (1967).....	10
3.5	Valutazione dell'azione sismica	11
3.6	Ricerca della superficie di scorrimento critica	11
3.7	Elemento Rinforzo	11
3.8	Ancoraggi	13
3.9	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE	15
3.10	VERIFICHE INTERNE.....	20

1 PREMESSA

Il presente elaborato si riferisce alla progettazione del sistema di contenimento della pista di risalita della sciovvia Lance in corrispondenza, in particolare, delle sezioni 9 e 11 di progetto.

In funzione delle previsioni di progetto, delle specifiche caratteristiche geomorfologiche e paesaggistiche dell'ambito, delle condizioni al contorno, comunque di disagiata accessibilità in cui si dovrà operare, si opta per un sistema in terre rinforzate realizzate in elementi preconfezionati in rete metallica a doppia torsione, di semplice installazione.

Infatti, tali elementi sono di più facile trasporto, più rapida installazione e realizzazione rispetto ai tradizionali sistemi con geogriglia e mostrano durabilità e prestazioni superiori.

La possibilità di rinverdimento finale e di adeguato inserimento paesaggistico rende questa tecnica preferibile ad altre consimili e decisamente preferibile ad altre tecniche di ingegneria naturalistica, peraltro valutate ma scartate.

La presente viene redatta ai sensi del DM 17/01/2018 NTC 2018.

2 RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO

La funzione della terra rinforzata sarà sostenere la pista di risalita lungo l'impianto scivoiario delle Lance. In particolare, dovrà consentire di disporre un adeguato spazio per la traccia che consente allo sciatore la risalita lungo l'impianto, e al contempo deve avere adeguata larghezza e capacità di sostegno in caso di passaggio di mezzi operativi. Infatti, la verifica di stabilità è stata eseguita con un carico di esercizio di 1,5 ton/mq pari a più della somma del carico neve (circa 0,7 t/mq) e peso del battipista (0,5 t/mq). Ulteriori carichi di esercizio permanenti non sono considerati nella simulazione, che tuttavia è stata eseguita in modo cautelativo alle condizioni descritte più oltre. Per la realizzazione della terra rinforzata si dovrà provvedere innanzitutto alla riprofilatura del versante ed allo sbancamento dello stesso secondo la sezione tipo di progetto riportata a seguire, sino al raggiungimento del piano di imposta che sarà accettato dalla D.L., ove dotato di un dente di immorsamento. A valle della terra armata verrà inoltre effettuata una leggera riprofilatura del versante in modo da ragguagliare le sezioni di progetto con la porzione di versante non interessata. Tutte le superfici interessate dai lavori dovranno essere interessate da idrosemina, secondo miscugli idonei e nei periodi adeguati, per garantire un reinserimento dei luoghi nel contesto paesaggistico locale.

2.1 FASI COSTRUTTIVE DI MANUFATTO IN TERRA RINFORZATA

La realizzazione di una terra rinforzata può essere affrontata posizionando per steps i vari elementi geogriglia, biostuoia, cassero a perdere, biostuoia, oppure posizionando un sistema preconfezionato che già racchiude tutti gli elementi. In tal senso, i sistemi tipo Terramesh sono preferibili in quanto dispongono di tutte le tipologie di elementi previsti a capitolato, oltre a garantire curabilità in condizioni estreme di lavoro.

2.1.1 Preparazione dello scavo di sbancamento

Dopo aver accantonato lo strato superficiale di terreno (scortico), lo scavo di sbancamento va preparato in funzione dei valori di lunghezza di ancoraggio e di inclinazione indicati dal progetto. Il terreno di fondazione deve essere stabile e compatto, in caso contrario sarà necessario realizzare una base drenante di fondazione. In questa fase, l'analisi geologica dei luoghi si suggerisce la presenza di un subaffioramento generalizzato di roccia scistosa afferente a calcescisti. Lo sbancamento sarà spinto pertanto con uso di martello demolitore sino al pieno raggiungimento di un orizzonte omogeneo e compatto che dia le garanzie adeguate di appoggio. Il materiale di risulta dello scavo potrà essere direttamente riutilizzato in loco miscelandolo in parti idonee con detrito fine privo di parti argillose o limose, previa comminazione meccanica da eseguirsi eventualmente in loco sino ad ottenere pezzature non eccessive comunque entro i 20 cm. Le frazioni grossolane non utilizzabili o frantumabili potranno essere utilizzate per la parte di riempimento a tergo del sistema ovvero essere posizionate per i raccordi morfologici e i riempimenti locali con successivo rivestimento dello scortico vegetale.

2.1.2 Sistema di sostegno con elementi preconfezionati

Gli elementi sono forniti già tagliati a misura senza richiedere ulteriori tagli in cantiere ed hanno i bordi laterali della rete rinforzati con filo uguale alle barrette di rinforzo. Gli elementi sono provvisti di un ritentore di fini collegato alla rete in fase di produzione. Il paramento esterno è anche dotato di un ulteriore pannello interno di rinforzo in rete elettrosaldato con maglie differenziate e filo di diam. 8 mm.

Gli elementi sono anche provvisti di 2 staffe triangolari collegate alla struttura e di 4 tiranti in acciaio di diam. 8 mm, ad estremità uncinata, che debbono essere utilizzati in cantiere per ottenere l'inclinazione richiesta del paramento esterno. Il tirante dovrà essere collocato al telo di base in corrispondenza di una barretta inserita nel telo base stesso, avendo cura comunque di collegarsi sempre e solo alle doppie

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

torsioni e non alla barretta stessa. In sintesi il singolo elemento in rete metallica comprende già le barrette di rinforzo, il geosintetico, il pannello di rete elettrosaldata di rinforzo a staffe triangolari.

Le fasi quindi di installazione degli elementi si riduce al:

- posizionamento dell'elemento e apertura lungo la barretta di rinforzo inferiore;
- apertura e rotazione delle staffe triangolari e fissaggio delle stesse al telo di base.

Il sistema tradizionale invece comporta il posizionamento del cassero, la stesura della geogriglia, la stesura della biostuoia, il fissaggio della staffa di rinforzo e, una volta eseguito il riempimento con idoneo terreno, il risvolto in sommità della biostuoia e della geogriglia.

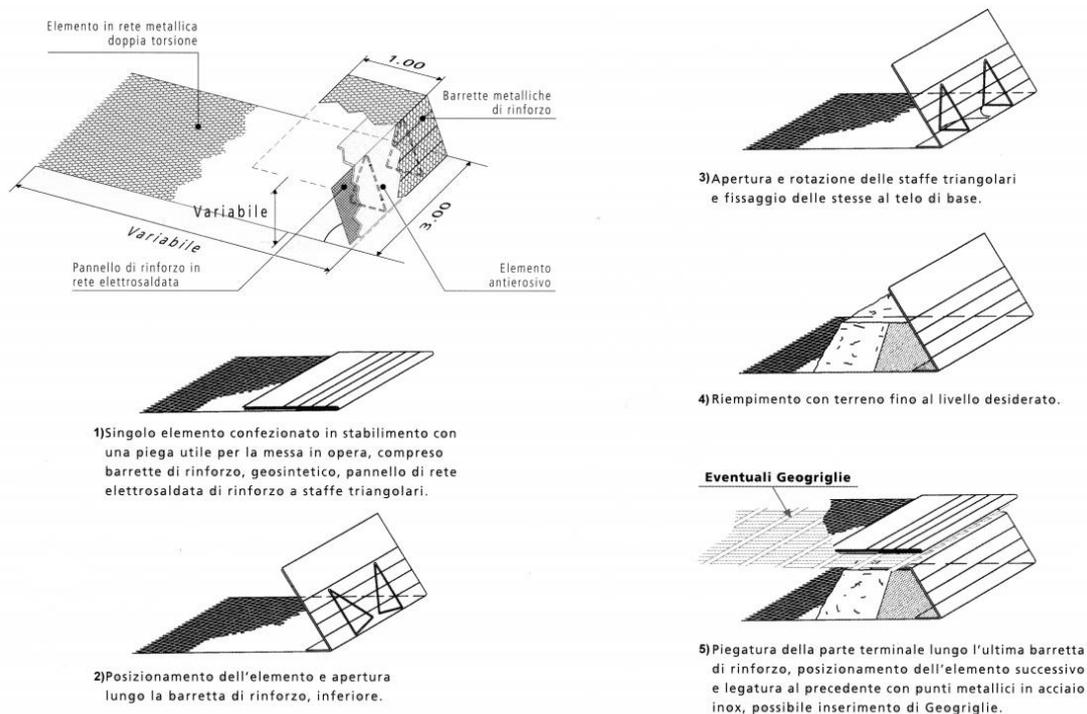
2.1.3 Posa in opera del terreno di riempimento

Il terreno di riempimento dovrà avere buone caratteristiche di resistenza al taglio e dovrà essere conforme ai requisiti del dimensionamento, ed accettato dalla D.L.. Esso dovrà essere scevro di elementi fini che lo ponga al di fuori delle Classi A1-A2 Aasho; andrà steso a strati da 30cm circa, bagnato e compattato con appositi rulli di adeguato peso fino a ottenere l'altezza dello strato prevista, e una compattazione pari al 95% del fattore Standard Proctor.

Sarà necessario porre attenzione a non utilizzare rulli di peso eccessivo per non deformare il cassero; nella zona più vicina al fronte bisognerà aver cura di posare uno spessore di almeno 20-30cm di terreno vegetale adatto alla crescita della vegetazione, derivante dall'accantonamento dello scortico o proveniente da fuori cantiere.

2.1.4 Sistema di drenaggio

A tergo dell'opera, si deve predisporre una struttura drenante costituita sicuramente da un geocomposito drenante (meglio se a doppia parete) e da tubo di raccolta microfessurato (25 cm di diametro tipo Spirodren). Ove le condizioni lo richiedano e vi siano le possibilità operative e costruttive, il sistema di drenaggio può essere incrementato con un materassino drenante tipo gabbiodren o dreno in ghiaietto arrotondato dello spessore di 15-20cm. In caso di terre rinforzate di altezze superiori a 2m, si devono predisporre più ordini di tubi drenanti.



2.2 PARTICOLARI COSTRUTTIVI E INDICAZIONI DI PROGETTO

La previsione progettuale è di realizzare due tratti rispettivamente di 11 m e 30 ml di terra rinforzata a sostegno della pista di risalita. La sezione tipo risulta essere, per comodità realizzativa, la stessa in entrambe i casi. In tal senso la sezione 9 e 11 risultano simili per quanto riguarda le geometrie e le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del versante.

Potranno essere effettuate variazioni minime sulle dimensioni, salvo accettazione del progettista e della DL, tenuto conto che in caso di variazioni e difformità le verifiche di stabilità non risultano più conformi. In base ai dati acquisiti, alle geometrie di stato attuale, di progetto e finale del pendio la migliore soluzione progettuale è risultata la seguente (si faccia riferimento anche alla sezione tipo riportata a seguire):

- esecuzione dello scavo di fondazione di dimensione idonea, avendo cura, al fine di aumentare la stabilità ed eventuali scorrimenti non previsti, di realizzare lungo la porzione anteriore (quindi verso valle) un'unghia di fondazione ribassando il piano di fondazione di almeno 30/50 cm;
- definizione del piano di fondazione regolarizzato e livellato e privo di asperità al fine di evitare tagli nei materiali ma garantire il giusto attrito tra opera e piano di fondazione;
- realizzazione di una terra rinforzata di altezza pari a 4.38m ovvero 6 moduli sovrapposti di altezza 0.73m cad. (altezza fissa dell'elemento preconfezionato);
- esecuzione di terra rinforzata con 4 moduli di profondità pari a 4m di base più due elementi di profondità pari a 5m al fine di consolidare la porzione superficiale ove sono previsti i maggiori riporti;
- le strutture di sostegno in terra rinforzata rinverdibile sono realizzate con elementi di armatura planari orizzontali, costituiti da rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con le "Linee Guida per la redazione di Capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" emesse dalla Presidenza del Consiglio Superiore LL.PP., Commissione Relatrice n°16/2006, il 12 maggio 2006 e con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 500 N/mm² e allungamento minimo pari al 10%, avente un diametro pari a 2.70 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) - Cerio - Lantanio conforme alla EN 10244 - Classe A con un quantitativo non inferiore a 245 gr/m². L'adesione della galvanizzazione al filo dovrà essere tale da garantire che avvolgendo il filo sei volte attorno ad un mandrino avente diametro 4 volte maggiore, il rivestimento non si crepa e non si sfalda sfregandolo con le dita. La galvanizzazione inoltre dovrà superare un test di invecchiamento accelerato in ambiente contenente anidride solforosa (SO₂) secondo la normativa UNI ISO EN 6988 (KESTERNICH TEST) per un minimo di 28 cicli. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico di colore grigio che dovrà avere uno spessore nominale di 0,5 mm, portando il diametro esterno nominale a 3,70 mm. Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo in lega eutettica Zinco - Alluminio (5%) - Cerio - Lantanio e plasticate di diametro 3,40 mm interno e 4,40 mm esterno, inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, nella parte di rete che è risvoltata in corrispondenza del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldato con maglia differenziata e diametro 8 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento sarà fissato con pendenza variabile, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati di diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 kN/mm²;

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

- posizionamento a tergo del paramento esterno inclinato del terreno vegetale per uno spessore di almeno 30 cm e poi si provvederà alla stesa e compattazione del terreno per la formazione del rilevato strutturale; questa avverrà per strati di altezza pari a ca. 25-30 cm e per un totale pari alla distanza tra i teli di rinforzo.
- esecuzione di idrosemina a spessore in almeno due passaggi, contenente oltre alle sementi e al collante, quantità idonee di materia organica e mulch;
- riempimento della terra rinforzata a tergo con i terreni di scavo opportunamente frantumati, se di pezzatura troppo grossa, ritenuti idonei;
- stesa preventiva contro la parete di scavo di una geogriglia drenante a doppia parete (o similare) atta al drenaggio delle acque di percolazione;
- posizionamento alla base della terra rinforzata, sul lato di monte, ovvero controterra, ed ogni 2/2,5 m in elevazione (si veda la sezione tipo) di tubi drenanti microfessurato di diametro non inferiore a 200mm che intercetteranno le acque di percolazione e quelle già drenate dalla geogriglia a doppia parete; tali drenaggio devono essere convogliati lateralmente alla struttura di sostegno e disperse nel reticolato idrografico esistente, comunque lontano dalla struttura stessa; i tubi drenanti di base devono essere preferibilmente antischiacciamento di tipo con anima in acciaio spiroidale \varnothing min 250 mm.
- riporto, riempimento, costipamento e riprofilatura finale del versante secondo le sezioni di progetto.

2.3 CONCLUSIONI

Le osservazioni sopra esposte consentono di convenire sulla fattibilità dell'opera dal punto di vista geologico e geotecnico, sebbene sussistano alcune limitazioni ed accorgimenti per i quali sono stati raccomandati opportuni accorgimenti.

L'intervento in progetto, attuato secondo le raccomandazioni espresse, risulta compatibile con l'assetto geologico e geomorfologico esistente nel caso in cui ci si attenga rigidamente alle soluzioni progettuali prospettate dallo scrivente ed a quanto indicato precedentemente. A seguire si riportano le verifiche di stabilità dell'opera (interne, allo scorrimento e globali) eseguite ai sensi del DM 17/01/2018 NTC2018, che risultano soddisfatte in tutti i casi.

3 VERIFICA DI STABILITÀ

A seguire si riportano le verifiche di stabilità dell'opera. Nel dettaglio si sono eseguite le verifiche di stabilità interne, verifiche allo scorrimento e verifiche di stabilità globale. I parametri sismici sono stati determinati con GeoStru PS <http://www.geostru.com/geoapp>. In quanto si presume totalmente drenato il manufatto viene verificato senza considerare la falda.

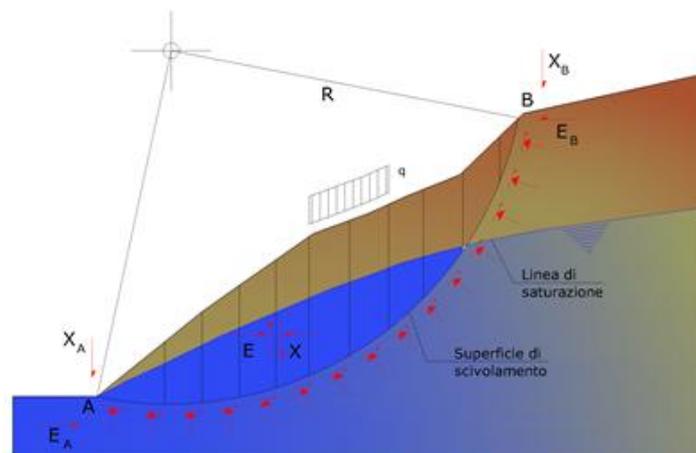
3.1 METODO EQUILIBRIO LIMITE (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



3.2 METODO DEI CONCI

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j ;
- $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

3.3 METODO DI FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

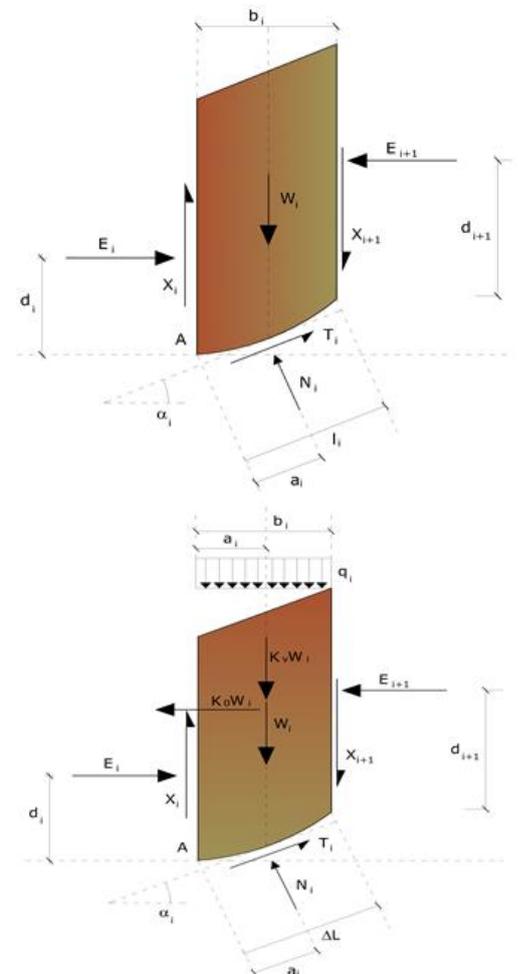
Incognite $(2n+1)$.

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \phi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

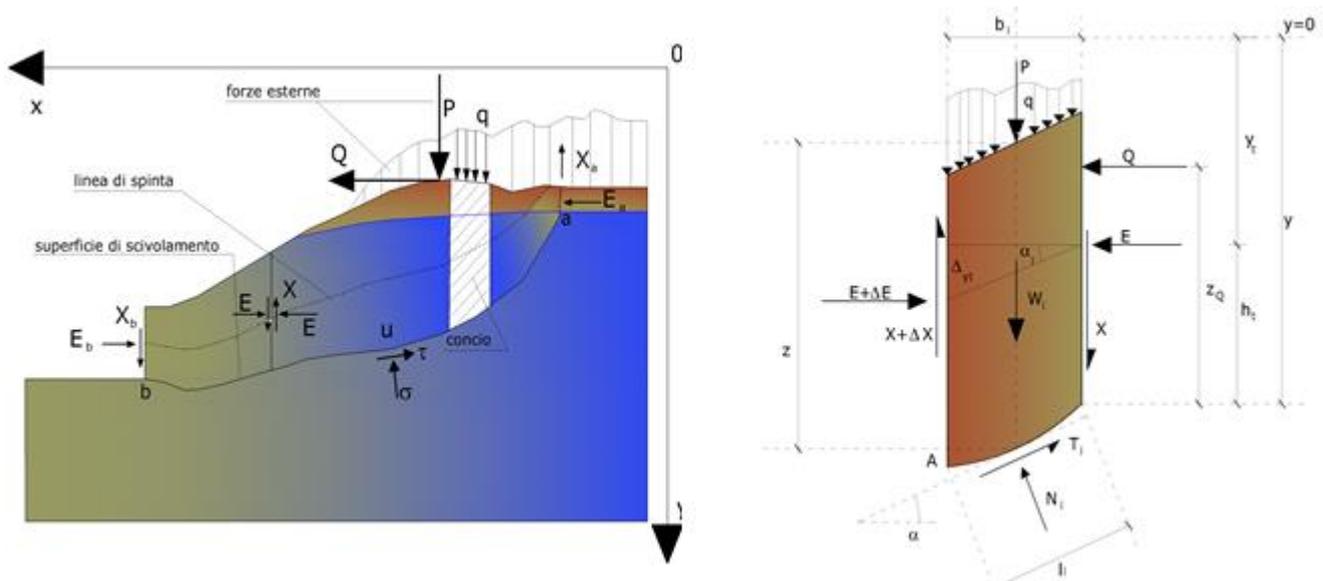
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.



3.4 METODO DI JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i} / F}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$



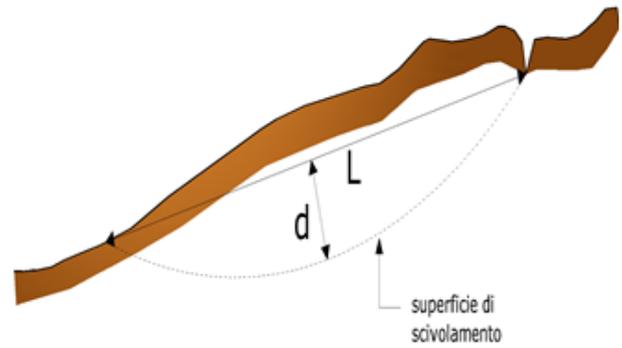
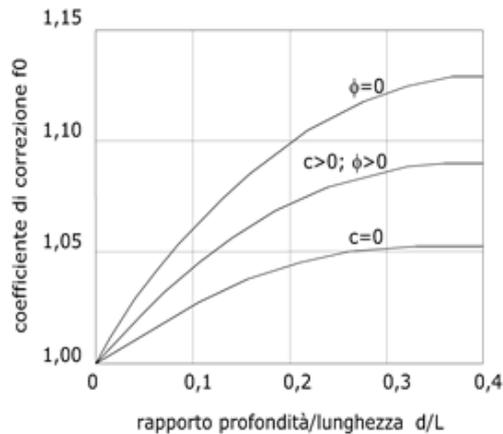
Azioni sul concio *i*-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**



$$F_{sm} = F_{sf}$$

3.5 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- **F_H** e **F_V** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- **W** peso concio;
- **K_x** coefficiente sismico orizzontale;
- **K_y** coefficiente sismico verticale.

3.6 RICERCA DELLA SUPERFICIE DI SCORRIMENTO CRITICA

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

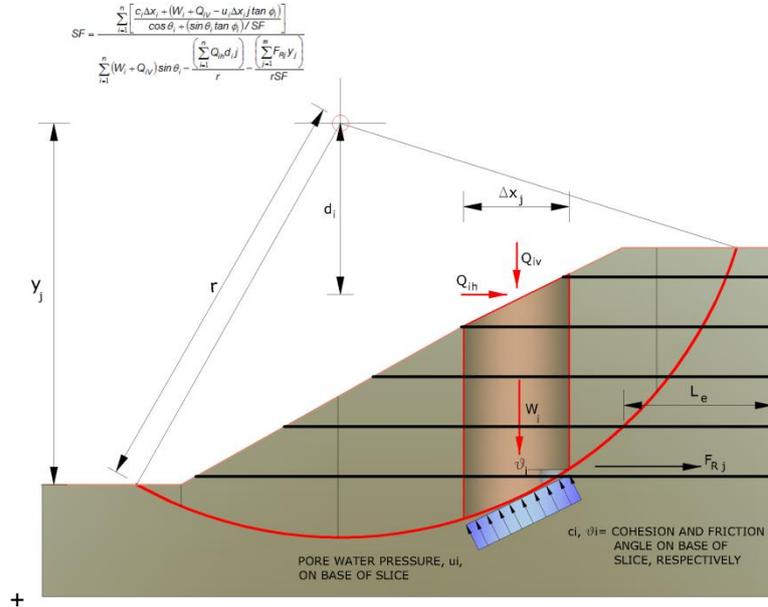
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

3.7 ELEMENTO RINFORZO

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento .

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\phi)}$$

dove:

δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;

$T_{Pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;

L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;

f_b Coefficiente di *Pullout*;

σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T' .

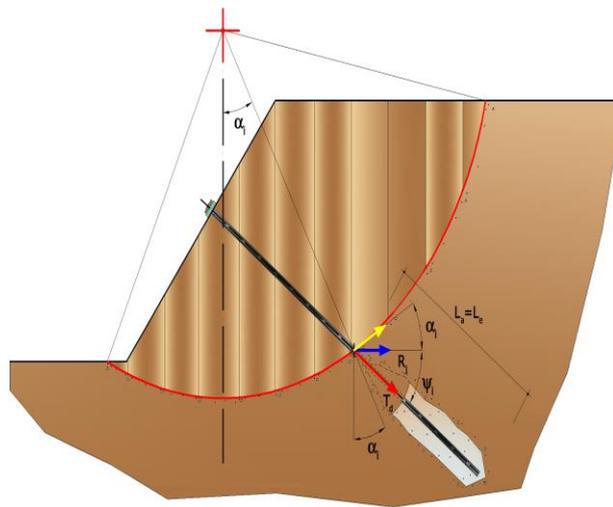
3.8 ANCORAGGI

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

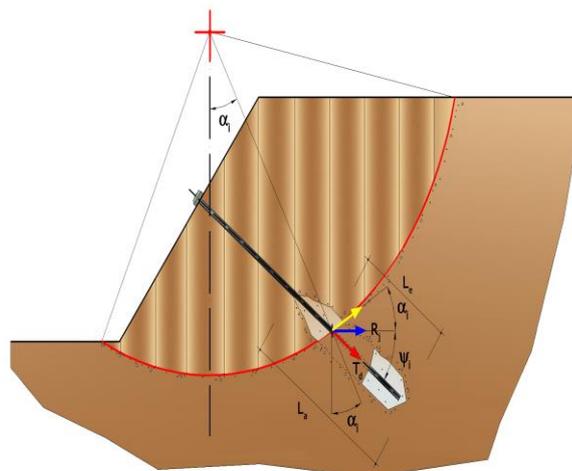
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli. Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo* e per i *chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;

Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

i interasse;

L_e lunghezza efficace;

L_a lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l' i -esimo concio e il j -esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell' i -esimo concio.

3.9 ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

=====

Calcolo eseguito secondo	
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1,25 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8,25 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,42 m
Ordinata vertice destro superiore ys	15,82 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

=====

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,7	3,59
3	12,74	7,97
4	14,95	9,03
5	23,04	9,03
6	22,96	9,03
7	24,33	9,47
8	27,33	9,76

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,7	3,59
3	16,06	6,51
4	17,06	6,51
5	22,96	9,03
6	24,33	9,47
7	27,33	9,76

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1			30	20	23	Riporto	
2	20		30	20	23	Substrato	

Sisma Coefficienti sismici :

Orizzontale = 0.043 Verticale = 0.021

Accelerazione [m/s²] : Orizzontale = 0.42 Verticale = 0.21

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

Terra rinforzata

No	Tipologia	Tallow (kN)	Resistenza sfilamento (kN)
1	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	101,1518
2	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	84,29314
3	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	67,43452
4	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	50,57589
5	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	33,71726
6	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	16,85863

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	15,46	9,03	22,96	9,03	15

Risultati analisi pendio

```
=====
```

Fs minimo individuato	1,84
Ascissa centro superficie	7,86 m
Ordinata centro superficie	12,42 m
Raggio superficie	11,3 m

```
=====
```

xc = 7,863 yc = 12,417 Rc = 11,304 Fs=1,839

```
-----
```

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,4	-12,7	1,43	11,6	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	16,6	20,8
2	1,4	-5,5	1,4	30,95	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	33,6	25,8
3	1,4	1,6	1,4	45,38	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	44,6	29,2
4	1,83	9,8	1,86	73,39	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	67,3	41,3
5	0,96	17,1	1,01	58,09	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	52,4	27,4
6	1,08	22,6	1,17	104,08	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	95,0	42,5
7	2,21	32,2	2,61	250,81	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	232,5	101,4

```
-----
```

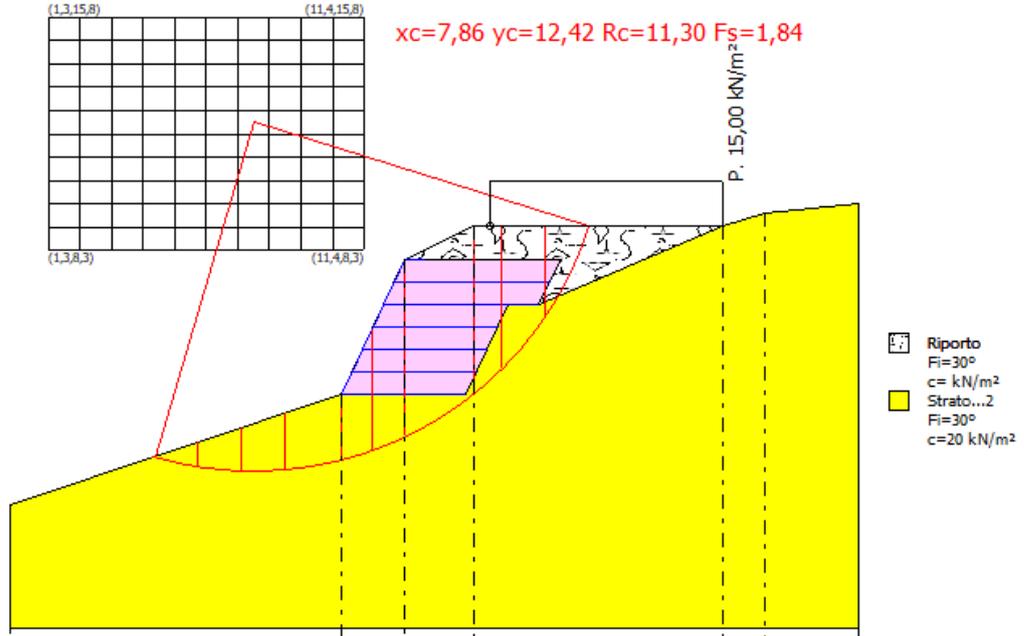
**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

8	0,9	41,9	1,21	96,97	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	92,4	42,2
9	1,4	50,6	2,2	128,3	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	125,2	63,2
10	1,4	64,4	3,23	67,41	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	94,2	29,6

Tiro geogriglie

Nr	x;y	xc,yc,rc	Fattore di sicurezza	Risultati verifiche interne	ID Sup
1	0/0	0/0/0	0	Compound	
2	0/0	0/0/0	0	Compound	
3	0/0	0/0/0	0	Compound	
4	0/0	0/0/0	0	Compound	
5	0/0	0/0/0	0	Compound	
6	0/0	0/0/0	0	Compound	
7	0/0	0/0/0	0	Compound	
8	0/0	0/0/0	0	Compound	
9	0/0	0/0/0	0	Compound	
10	0/0	0/0/0	0	Compound	
11	10,7/3,59	0/0/0	0	Tieback	
12	11,04/4,32	0/0/0	0	Tieback	
13	11,38/5,05	0/0/0	0	Tieback	
14	11,72/5,78	0/0/0	0	Tieback	
15	12,06/6,51	0/0/0	0	Tieback	

Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate



Quote	0,00		3,59	7,97	9,03		9,03	9,47	9,76
Distanze Parziali	0,00		10,70	12,74	14,95		22,96	24,33	27,33
Distanze Progressive	0,00		10,70	12,74	14,95		22,96	24,33	27,33

3.10 VERIFICHE INTERNE**Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)**

=====

Calcolo eseguito secondo	
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1,25 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	8,25 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,42 m
Ordinata vertice destro superiore ys	15,82 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

=====

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,7	3,59
3	12,74	7,97
4	14,95	9,03
5	23,04	9,03
6	22,96	9,03
7	24,33	9,47
8	27,33	9,76

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,7	3,59
3	16,06	6,51
4	17,06	6,51
5	22,96	9,03
6	24,33	9,47
7	27,33	9,76

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1			30	20	23	Riporto	
2	20		30	20	23	Substrato	

Sisma Coefficienti sismici :

Orizzontale = 0.043 Verticale = 0.021

Accelerazione [m/s²] : Orizzontale = 0.42 Verticale = 0.21

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate**

Terra rinforzata

No	Tipologia	Tallow (kN)	Resistenza sfilamento (kN)
1	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	101,1518
2	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	84,29314
3	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	67,43452
4	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	50,57589
5	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	33,71726
6	XGrid PET PVC 80/30 IT	47,11	16,85863

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	15,46	9,03	22,96	9,03	15

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,96
Ascissa centro superficie	4,3 m
Ordinata centro superficie	15,07 m
Raggio superficie	15,67 m

xc = 4,304 yc = 15,066 Rc = 15,669 Fs=1,958

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1,88	-12,4	1,92	20,71	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	27,3	27,7
2	1,88	-5,5	1,88	55,4	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	59,2	36,7
3	1,88	1,4	1,88	81,51	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	80,5	42,9
4	1,88	8,3	1,9	99,15	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	93,3	46,9
5	1,88	15,3	1,95	108,05	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	98,6	49,0
6	1,32	21,5	1,42	76,01	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	68,1	34,5
7	2,04	28,3	2,32	184,29	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	169,6	73,7
8	2,21	37,7	2,79	259,16	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	248,8	101,9
9	1,94	48,1	2,9	195,1	0,0	0,0	20,0	30,0	0,0	195,0	87,2
10	1,88	60,4	3,8	97,25	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	129,6	38,2

**Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate****Tiro geogriglie**

Nr	x,y	xc,yc,rc	Fattore di sicurezza	Risultati verifiche interne	ID Sup
1	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	41
2	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	85
3	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	129
4	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	173
5	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	217
6	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	261
7	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	305
8	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	349
9	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	393
10	0/0	4,3/15,07/15,67	1,958	Compound	437
11	10,7/3,59	10,91/15,44/11,86	2,09	Tieback	502
12	11,04/4,32	11,42/12,8/8,48	2,265	Tieback	552
13	11,38/5,05	11,42/15,82/10,77	2,137	Tieback	675
14	11,72/5,78	11,42/15,82/10,05	2,934	Tieback	716
15	12,06/6,51	11,42/15,82/9,34	3,158	Tieback	733

Relazione tecnica di progetto sistemi
di contenimento in terre rinforzate

