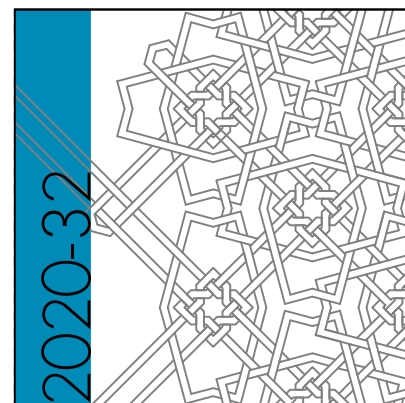




progettista:

Ing. Luca STUCCHI
via Ai Quadri, 18
20884 Sulbiate (MB)
Ord. Ing. Monza Brianza n. A. 1970

committente

PARCO REGIONALE DELLA
VALLE DEL LAMBRO
via Veneto 19 - Triuggio (MB)

firma _____

progetto

PROGETTO DEFINITIVO
Area di esondazione controllata
del Rio Brovada - LOTTO 1
Area di monte in Comune di
Besana in Brianza (MB)

oggetto

RELAZIONE DI CALCOLO
DELLE TERRE ARMATE

scala

-

data

giugno 2023

A 03 02



Regione
LOMBARDIA



Provincia
MONZA
E BRIANZA



Comune
BESANA
IN BRIANZA

Commessa
210223

Committente
**PARCO REGIONALE
DELLA VALLE DEL LAMBRO**

Lavoro
**AREA DI ESONDAZIONE CONTROLLATA
DI RIO BROVADA – LOTTO 1 – AREA DI MONTE**

Località
LOC. CALÒ - BESANA IN BRIANZA (MB)

Oggetto
**RELAZIONE TECNICA
PER LE TERRE RINFORZATE**

Data
21/10/2021

I Professionisti incaricati
**DR. GAETANO BUTTICÉ
DR. STEFANO SESANA**



SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
1.1	Scopo del lavoro.....	3
1.2	Descrizione del progetto	3
1.3	Descrizione dei luoghi	3
1.4	Principi teorici.....	3
1.5	Riferimenti normativi.....	5
1.6	Metodologia applicata.....	5
2	DATI DI PROGETTO.....	5
2.1	Parametri geometrici	5
2.2	Parametri geotecnici.....	6
2.3	Parametri idrici.....	7
2.4	Parametri di carico	7
2.5	Parametri sismici.....	7
2.6	Parametri dei rinforzi	7
3	DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA.....	8
3.1	Dimensionamento generale.....	8
3.2	Verifiche agli stati limite ultimi	12
3.2.1	Rottura dei rinforzi	12
3.2.2	Rottura della connessione paramento / rinforzo	13
3.2.3	Scorrimento per rotazione interna ed esterna all'opera.....	13
3.2.4	Scorrimento per traslazione o sfilamento	13
3.2.5	Ribaltamento dell'opera	14
3.2.6	Stabilità globale del versante	14
3.3	Verifiche agli stati limite di esercizio	14
3.3.1	Spostamenti verticali attesi	14
4	INDICAZIONI PER LA POSA.....	15
4.1	Sezioni tipo dell'opera	15
4.2	Sequenza di posa	15
4.3	Prescrizioni per i materiali	15
4.4	Prescrizioni per il terreno di riempimento	15
4.5	Prescrizioni per i fronti di scavo	16
4.6	Prescrizioni per le opere di fondazione	16
4.7	Prescrizione per i drenaggi.....	16
5	INDICAZIONI PER I CONTROLLI IN CORSO D'OPERA.....	16
5.1	Controlli sul terreno di riempimento.....	17
5.2	Controlli sulla compattazione	17
5.3	Controlli sui materiali di rinforzo	17
5.4	Controlli sui materiali accessori.....	18
6	CONCLUSIONI	18

1 PREMESSA

Su incarico del Parco Regionale Valle del Lambro è stata sviluppata la progettazione geotecnica di una terra rinforzata ubicata in loc. Calò, Comune di Besana in Brianza.

L'opera ha la funzione di rilevato arginale di un'area di esondazione controllata del Rio Brovada ed è in connessione con un manufatto di regimazione delle acque previsto nell'alveo del medesimo corso d'acqua.

1.1 SCOPO DEL LAVORO

Scopo del lavoro è fornire una relazione di calcolo idonea a soddisfare i requisiti richiesti al Cap. C10.1 sub. 1) della Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del MIT per le opere di sostegno in terra rinforzata, sviluppando i calcoli necessari sulla base di dati di progetto acquisiti nel corso della progettazione.

1.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'opera si compone di una sezione ad altezza variabile tra 0.00 e 8.45 m che si inserisce tra un rilevato stradale esistente (sul lato est) e l'alveo fluviale (sul lato ovest), per una lunghezza complessiva di 162 m; è prevista rinforzata su entrambi i lati, tranne il fianco sul lato ovest dove è rinforzata su un solo lato; in sommità scorre una strada di servizio per i mezzi di manutenzione.

Ogni singolo strato ha altezza circa 65 cm ed inclinazione 65 gradi; un'unica geogriglia di rinforzo, posta trasversalmente allo sviluppo dell'opera, rinforza entrambi i fronti ed ha una resistenza e una lunghezza di ancoraggio e risvolto variabile, come da sezioni di progetto.

Poiché l'opera ha funzione di contenimento idraulico, nella parte centrale del rilevato arginale è prevista la formazione di un setto in limo / argilla a bassa permeabilità e bassa compressibilità con uno spessore di circa 1.0 m e per tutta l'altezza dell'opera.

1.3 DESCRIZIONE DEI LUOGHI

L'opera si trova in zona agricola, a fianco del rio Brovada, sul lato idrografico sinistro del corso d'acqua; nella relazione geologica di progetto (Dott. Geol. Stefano Sesana, ottobre 2021) i terreni superficiali appartengono all'unità denominata "Depositi fluvioglaciali wurmiani" e costituiscono il livello principale della pianura, segnando la transizione dell'ambiente collinare brianzolo con quello della sottostante pianura lombarda; Si tratta di ghiaie e sabbie con ciottoli in scarsa matrice argillosa, coperti da un sottile strato di alterazione inferiore al metro di spessore.

L'area non mostra alcuna evidenza di una dinamica geomorfologica predisponente al dissesto né elementi morfologici o idrogeologici critici per l'opera in progetto.

1.4 PRINCIPI TEORICI

Le terre rinforzate sono strutture realizzate a strati di terreno compattato tra i quali è inserito un elemento di rinforzo (solitamente una geogriglia sintetica) che conferisce al manufatto la resistenza necessaria per sostenere pendenze anche elevate e sovraccarichi anche notevoli, purché conosciuti al momento della progettazione.

Sono frequentemente utilizzate come opere di sistemazione dei versanti, opere di stabilizzazione delle frane, opere di controripa o sottoscarpa stradali, opere di contenimento dei terrapieni, opere di mascheramento di manufatti in calcestruzzo, opere di difesa dalla caduta massi e valanghe, opere di rinforzi degli argini fluviali, opere di contenimento di rifiuti in discarica, opere di mitigazione dell'impatto visivo ed acustico in prossimità delle grandi vie di comunicazione.

I principali vantaggi che questa tipologia di opera presenta rispetto ad un muro tradizionale in cls sono l'ottimo inserimento ambientale, l'ottima risposta alle sollecitazioni sismiche, la buona capacità di adattarsi ai cedimenti della fondazione, l'economia dei costi di costruzione, lo scarso sfruttamento delle risorse naturali (materiali da cava).

Per la progettazione delle terre rinforzate si è seguito quanto disposto dal DM 14/01/18 (Norme tecniche per le costruzioni) per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo di cui al paragrafo 6.8, compreso l'uso di geosintetici menzionati al paragrafo 6.8.4.

Il dimensionamento è finalizzato a determinare la resistenza di progetto delle diverse geogriglie, la loro lunghezza di ancoraggio ed il loro interasse, valori che dipendono da fattori geometrici, geotecnici, sismici, idraulici e di carico.

E' necessario conoscere le caratteristiche geotecniche del terreno retrostante l'opera per il calcolo delle spinte, del terreno sottostante l'opera per le verifiche di fondazione e del terreno di riempimento per la valutazione dell'interazione terreno / geogriglia.

In fase di progettazione vanno condotte le verifiche di stabilità per gli stati limite ultimi applicabili a questo tipo di opera, sia di tipo strutturale che di tipo geotecnico, per meccanismi di rottura interni, esterni o globali: rottura dei rinforzi, sfilamento dei rinforzi, scorrimento per rotazione nell'intorno dell'opera, scorrimento per traslazione sul suo piano di posa, capacità portante, stabilità globale del pendio, connessione tra paramento e rinforzo.

E' in genere omessa la verifica al ribaltamento perché l'opera non è rigida ed ha una base larga rispetto alla sua altezza.

La verifica della connessione tra paramento e rinforzo è fondamentale nei sistemi in cui questi due elementi sono disgiunti, mentre perde di significato nel sistema "wrap around" (come nel caso in esame) dove il rinforzo è risvoltato sulla sommità di ogni strato senza soluzione di continuità.

Nella scelta dei parametri di verifica vanno applicati i coefficienti parziali amplificativi sulle azioni, i coefficienti parziali riduttivi sui parametri geotecnici ed i coefficienti di verifica previsti dalle NTC, secondo l'approccio di calcolo scelto per la singola verifica.

Particolare attenzione va fatta per la valutazione del valore di resistenza a lungo termine del rinforzo, che deve essere certificato dal produttore della geogriglia, applicando i coefficienti riduttivi per il danneggiamento meccanico, chimico e per creep caratteristici dello specifico prodotto.

Avendo il materiale di rinforzo una funzione strutturale ed essendo inglobato permanentemente nel manufatto è necessario che sia marcato CE secondo il regolamento 305/2011/CE.

Per le terre rinforzate le verifiche agli stati limite di esercizio presentano poche criticità: l'elevata deformabilità dell'opera fa sì che i cedimenti verticali ammissibili siano elevati senza che l'opera perda la sua funzionalità; i cedimenti si sviluppano per una buona parte durante l'esecuzione dell'opera, sicché giunti in sommità è semplice recuperare la quota di progetto, qualora necessario, con un minimo riporto di terreno; gli spostamenti orizzontali possono essere stimati valutando la deformazione della geogriglia alla tensione di esercizio cui verrà sottoposta e controllando la qualità della sua posa in opera.

Nelle scelte progettuali assume una discreta importanza anche la scelta della finitura del paramento: è possibile inerbire il fronte con essenze erbacee (es. idrosemina), rampicanti (es. edera), arbustive (es. talee) oppure con rivestimenti prefabbricati (pannelli o blocchi di calcestruzzo).

1.5 RIFERIMENTI NORMATIVI

Per lo sviluppo della relazione di calcolo è stato fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 17/01/18 - Norme tecniche per le costruzioni (NTC)
- CIRC. MIT n. 7 del 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione delle NTC
- PARERE CNG del 09/11/12 - Dimensionamento e progettazione delle opere in terra rinforzata
- ISO 20432 - Long term strength of geosynthetics
- UNI EN ISO 10319 - Geosintetici - Prove di trazione a banda larga
- UNI EN 14475 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terre rinforzate
- GRI* GG1 - Geogrid Rib Tensile Strength
- GRI* GG4b - Long Term Design Strength of Flexible Geogrids
- GRI* GG5 - Geogrid pullout

* GRI = Geosynthetics research institute, USA

1.6 METODOLOGIA APPLICATA

Per progettare l'opera è stata adottata la seguente metodologia:

- valutazione della geometria di progetto
- valutazione della documentazione geologica e geotecnica disponibile
- acquisizione ed esame delle schede tecniche dei materiali da utilizzare
- scelta dei parametri di calcolo e dei coefficienti di sicurezza
- dimensionamento e verifica delle sezioni significative
- redazione di prospetto e sezioni tipo costruttive
- redazione della relazione di calcolo dell'opera

2 DATI DI PROGETTO

2.1 PARAMETRI GEOMETRICI

I parametri geometrici di progetto sono stati condivisi con il progettista generale dell'intervento e resi compatibili con l'altezza standard dei moduli che si è scelto di utilizzare.

Si tratta di moduli di altezza 65 cm, inclinazione 65°, incassati nel terreno di fondazione per almeno uno strato (65 cm). Il coronamento ha larghezza costante di 4.00 m.

Sono state sviluppate 3 sezioni tipo, rappresentative dell'intera opera:

- a) sezione tipo A, rinforzata su 2 fronti di altezza 3.85 m (rilevato arginale)
- b) sezione tipo B, rinforzata su 2 fronti di altezza tra 5.85 m (rilevato arginale)
- c) sezione tipo C, rinforzata su 1 fronte di altezza 8.45 m (rinforzo spondale)

Per le altezze intermedie ci si può riferire alla sezione tipo di altezza immediatamente superiore, eliminando dal basso gli strati in eccesso.

2.2 PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici dei materiali sono stati definiti sulla base della relazione geotecnica citata a cura del Dr. Geol. Stefano Sesana ed integrati con le opportune valutazioni sui materiali prescritti per i riempimenti.

Sono stati distinti 4 tipi di materiali:

- 1) il terreno di riempimento generale (soil 1)
- 2) il terreno di riempimento del setto impermeabile (soil 2)
- 3) il terreno di sottofondo superficiale (soil 3)
- 4) il terreno di sottofondo profondo (soil 4)

Per i terreni 3 e 4, trattandosi di terreni esistenti in sito, sono stati adottati i parametri geotecnici desunti dalla relazione geologica e geotecnica citata, associando il terreno 3 alla unità litotecnica 1 ed il terreno 4 alla unità litotecnica peggiore tra la 2, la 3, e la 4 (cioè alla unità 3) semplificando in favore di sicurezza il modello geotecnico.

Per i terreni 1 e 2, trattandosi di terreni da approvvigionare, sono stati adottati parametri geotecnici stimati sulla base delle prescrizioni di capitolato, che prevedono classi granulometriche e qualità di compattazione ben definite.

Nelle verifiche di stabilità sono stati adottati i coefficienti di riduzione parziale previsti dalle NTC, variabili a seconda della verifica in questione:

- per le verifiche sismiche sono stati imposti i coefficienti parziali A1 (azioni) + M1 (parametri geotecnici) ed il coefficiente di sicurezza $\gamma_r = 1.2$.
- per le verifiche statiche sono stati imposti i coefficienti parziali A2 (azioni) + M2 (parametri geotecnici) ed il coefficiente di sicurezza $\gamma_r = 1.1$.

I parametri geotecnici dei materiali interessati risultano come nella tabella seguente.

SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI									
	valori caratteristici			valori di progetto per le verifiche sismiche			valori di progetto per le verifiche statiche		
	γ	ϕ'	c'	γ	ϕ'	c'	γ	ϕ'	c'
	kN/m ³	gradi	kPa	kN/m ³	gradi	kPa	kN/m ³	gradi	kPa
Terreno di riempimento in misto granulare (soil 1)	19.0	32.0	0	19.0	32.0	0	19.0	26.6	0
Terreno di riempimento in argilla / limo (soil 2)	20.0	15.0	0	20.0	15.0	0	20.0	12.1	0
Terreno di sottofondo superficiale (soil 3)	17.0	32.9	0	17.0	32.9	0	17.0	27.4	0
Terreno di sottofondo profondo (soil 4)	19.0	35.0	0	19.0	35.0	0	19.0	29.3	0

2.3 PARAMETRI IDRICI

Il livello piezometrico della prima falda è segnalato nell'area a oltre 10.0 m dalla base dell'opera e non interferisce con le costruzioni di progetto.

Vista la funzione prevista per l'opera (rilevato di ritenuta idraulica) è però stato inserita, nella modellazione sviluppata per il calcolo, una superficie piezometrica alla quota di -1.00 m dalla sommità del rilevato che possa simulare la spinta dell'acqua sul paramento di monte e la saturazione completa dei terreni coinvolti.

2.4 PARAMETRI DI CARICO

Il carico dinamico conseguente al traffico veicolare agente sulla strada (par la verità molto contenuto e sporadico) è stato simulato con l'applicazione di un carico verticale di 10 kPa agente su tutta la larghezza della strada.

Trattandosi di un carico variabile sfavorevole ad esso sono stati applicati i coefficienti di amplificazione previsti dalle tabelle NTC per le verifiche sismiche e per le verifiche statiche.

2.5 PARAMETRI SISMICI

Per simulare l'azione sismica di progetto, nelle sole verifiche sismiche è stata applicata alle masse una accelerazione sismica $A_g = 0.759 \text{ m/s}^2 = 0.077 \text{ g}$, come calcolato nella relazione geologica e geotecnica in funzione delle coordinate di sito e delle categorie stratigrafica e topografica locali.

2.6 PARAMETRI DEI RINFORZI

Per l'opera in terra rinforzata è stato previsto l'uso di geogriglie della Huesker Italia S.r.l. rispondenti al nome commerciale FORTRAC T: di queste geogriglie sono state ottenute le schede tecniche ed i certificati di durabilità, dai quali sono stati desunti tutti i parametri necessari al calcolo di stabilità dell'opera.

In particolare verranno utilizzate le geogriglie FORTRAC T55 e FORTRAC T80, caratterizzate da: tessitura trama / ordito a maglia aperta, filamento in poliestere ad alta tenacità, copertura polimerica in pvc nero, maglia quadrata 20x20 mm circa.

Alla base della scogliera in massi ciclopici verrà posizionato il geotessile tessuto STABILENKA 100/50, con funzione di separazione e rinforzo, caratterizzato da: tessitura trama / ordito a maglia chiusa, filamento in poliestere ad alta tenacità, buona permeabilità all'acqua.

Gli elementi essenziali utilizzati per il dimensionamento, tenuto conto delle caratteristiche del terreno in cui verranno installate, sono i seguenti.

SINTESI DEI PARAMETRI DELLE GEOGRIGLIE			
Resistenza a trazione longitudinale nominale	55	80	kN/m
Resistenza a trazione trasversale nominale	20	20	kN/m
Allungamento a rottura longitudinale nominale	9,5	9,5	%
Resistenza a trazione al 5% di allungamento	26	40	kN/m
Coefficiente di riduzione al danneggiamento meccanico RFID	1,20	1,20	-
Coefficiente di riduzione al danneggiamento chimico RFCH	1,10	1,10	-
Coefficiente di riduzione per creep RFCR	1,50	1,50	-
Coefficiente di interazione terreno / geogriglia	0,9	0,9	-

Si vedano in allegato le schede tecniche, i certificati BBA ed alcune tabelle tratte dal certificato ERA Technologies sulle geogriglie Huesker.

E' concesso l'utilizzo di geogriglie di produttori diversi da quello ipotizzato ma, poiché ogni prodotto possiede caratteristiche meccaniche proprie, l'uso di geogriglie diverse comporta la necessità di revisionare i calcoli utilizzando i coefficienti tipici della geogriglia scelta.

3 DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA

3.1 DIMENSIONAMENTO GENERALE

Per le principali verifiche di stabilità è stato impiegato un codice di calcolo americano (Ressa 3.0 di Adama Engineering, Newark Delaware USA) appositamente compilato per le terre rinforzate e largamente usato dai professionisti del settore).

Il software tiene conto di tutti i principali parametri di ingresso che determinano il fattore di sicurezza (geometrici, geotecnici, idrogeologici, sismici, carichi, rinforzi) compresi i coefficienti di riduzione per la durabilità delle geogriglie, ma non tiene conto dei coefficienti riduttivi previsti dalle NTC, visto che quest'ultima è una normativa esclusivamente italiana.

Per quest'ultimo motivo i dati di ingresso introdotti nel software sono “parametri di progetto” (e quindi con già applicati i coefficienti di riduzione previsti per l'approccio di calcolo scelto) e non “parametri caratteristici”; da qui si comprende la differenza tra i parametri utilizzati per le verifiche sismiche rispetto a quelli utilizzati per le verifiche statiche.

Il software esegue diverse verifiche:

- SLU di scorrimento per rotazione interna all'opera
- SLU di scorrimento per rotazione esterna all'opera
- SLU di scorrimento per traslazione interna all'opera (piano di posa di ogni strato)
- SLU di scorrimento per traslazione esterna all'opera (sul piano di posa dell'intera opera)

Poichè le due verifiche di scorrimento eseguite (per rotazione e per traslazione) intersecano i rinforzi tenendo conto della loro resistenza disponibile, la verifica di rottura delle geogriglie può considerarsi assoluta se entrambe le verifiche di scorrimento danno esito positivo.

Con opportuni accorgimenti, dal software è possibile desumere il valore di tensione massima richiesta alle geogriglie dal quale stimare almeno in via approssimativa le deformazioni attese (SLE).

Il software può tener conto di geometrie variabili di diversi strati attraverso l'introduzione delle coordinate cartesiane che definiscono ogni limite superiore di strato.

Per le verifiche rotazionali adotta il metodo delle strisce di Bishop, tenendo conto della resistenza disponibile dei rinforzi all'intersezione con ogni superficie di rotazione considerata, mentre per le verifiche traslazionali adotta il metodo della bilatera di Jewell, tenendo conto della resistenza di attrito sviluppata tra geogriglia e terreno per ogni superficie di scorrimento considerata.

Il valore di tensione ammissibile affidato alle geogriglie è imposto uguale o inferiore al valore di resistenza a trazione nominale diminuito in ragione dei coefficienti di riduzione per il danneggiamento tipici della geogriglia scelta ed applicabili al terreno previsto per il riempimento.

Nella configurazione utilizzata il software genera 5000 superfici di scorrimento rotazionali con differenti raggi di curvatura nell'intervallo di verifica imposto e per ognuna calcola il coefficiente di sicurezza allo scorrimento, inteso come rapporto tra le forze resistenti e le forze agenti; fornisce un output grafico con la mappa dei fattori di sicurezza evidenziando la superficie peggiore più un tabulato testuale con i dati di ingresso al calcolo ed i risultati della verifica peggiore.

In allegato sono disponibili gli output di calcolo eseguiti; per la verifica è a disposizione un tabulato di calcolo in b/n (da 8 pagine) con tutti i dati di ingresso e gli esiti del calcolo.

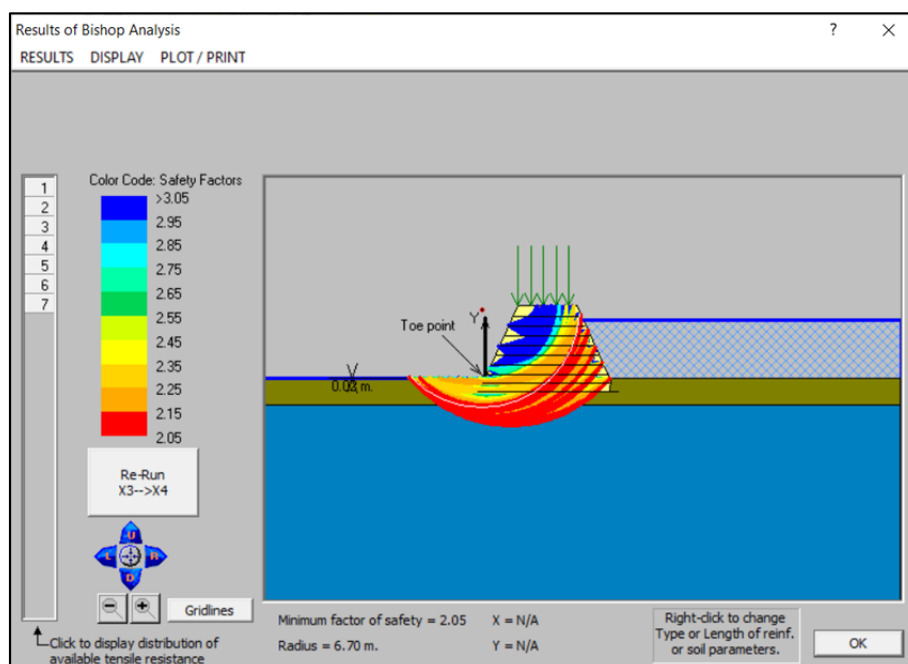
I risultati sono i seguenti.

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO

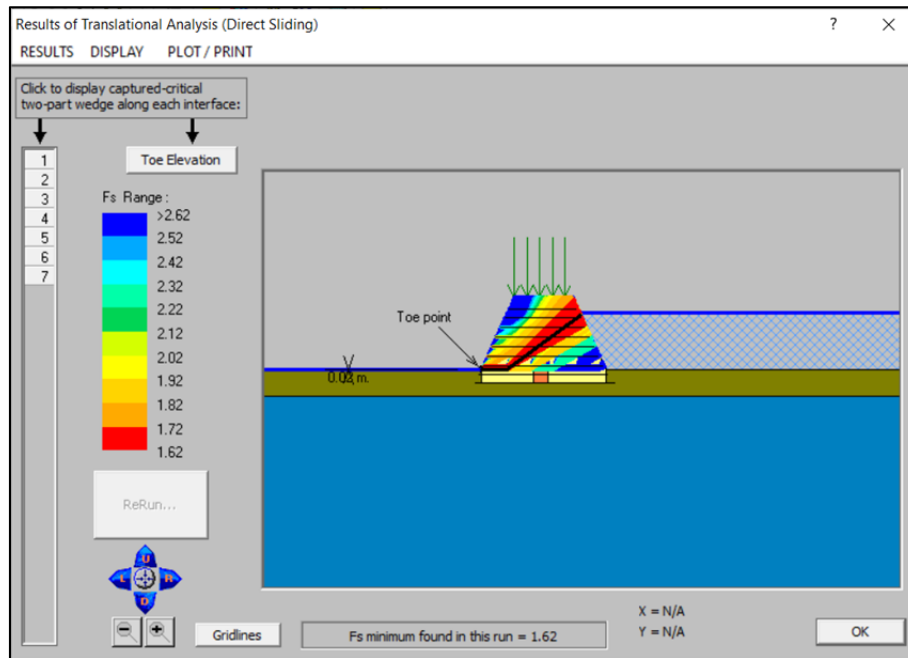
Nomefile	Fs min rot.	Fs min trasl.	Fs rich.	Giudizio
210223 v1 sez390 sismica rev1	2.44	1.94	1.2	positivo
210223 v1 sez390 statica rev1	1.98	1.64	1.1	positivo
210223 v1 sez390 sismica rev1	2.05	1.62	1.2	positivo
210223 v1 sez390 statica rev1	1.68	1.45	1.1	positivo
210223 v1 sez390 sismica rev1	1.41	1.73	1.2	positivo
210223 v1 sez390 statica rev1	1.22	1.62	1.1	positivo

Le verifiche allo stato di progetto sono da considerare tutte positive poiché il fattore di sicurezza ottenuto per entrambi i meccanismi di rottura (rotazione e traslazione) è superiore a quello richiesto dalle NTC ($\gamma_r = 1,2$ per le verifiche sismiche e $\gamma_r = 1,1$ per le verifiche statiche).

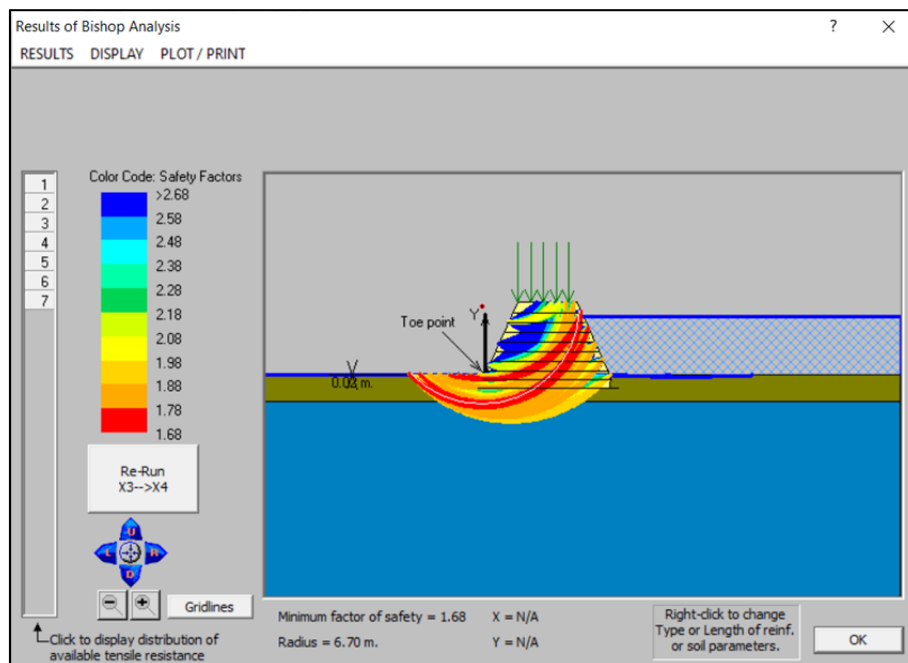
Di seguito sono riportati gli screenshot delle verifiche 3 e 4 che sono le maggiormente rappresentative; i tabulati di verifica completa sono riportati in allegato.



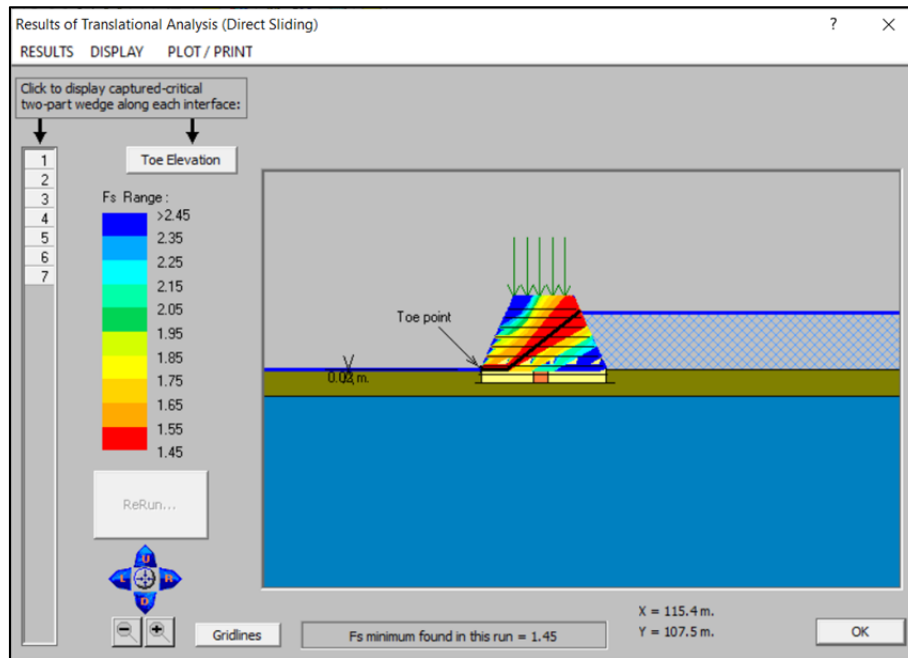
V3 - sezione da 5.85 m - condizioni sismiche - verifica di scorrimento per rotazione - $F_s \text{ min} = 2.05$



V3 - sezione da 5.85 m - condizioni sismiche - verifica di scorrimento per traslazione - $F_s \min = 1.62$



V4 - sezione da 5.85 m - condizioni statiche - verifica di scorrimento per rotazione - $F_s \min = 1.68$



V4 - sezione da 5.85 m - condizioni statiche - verifica di scorrimento per traslazione - $F_s \text{ min} = 1.45$

3.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Poiché il dimensionamento generale è stato condotto con un software americano che non segue la logica prevista dalle NTC, si ripercorrono nei paragrafi seguenti le verifiche previste dalle NTC, richiamando i passaggi del dimensionamento generale che giustificano le verifiche richieste dalla normativa italiana.

3.2.1 Rottura dei rinforzi

Come già accennato, lo stato limite ultimo di rottura dei rinforzi è garantito dal produttore nel momento in cui la tensione richiesta alla geogriglia è inferiore a quella nominale opportunamente ridotta in ragione dei coefficienti di riduzione dichiarati; non è quindi necessario calcolare manualmente il valore di resistenza dei rinforzi, giacché esso è un dato certificato e disponibile sulle schede tecniche. Ciò consente di definire il dimensionamento dell'opera come una progettazione geotecnica e non come una progettazione strutturale.

Nel caso specifico, il software di calcolo utilizza un valore di resistenza disponibile a lungo termine pari al valore di resistenza nominale diminuito in funzione dei coefficienti riduttivi dichiarati dal produttore; quando i coefficienti di sicurezza alla verifica di rotazione raggiungono i valori minimi richiesti, la verifica di rottura è superata.

A tal proposito si veda la pag. 6 degli output di dimensionamento, dove è possibile osservare che per la geogriglia Fortrac T55 la tensione massima richiesta al rinforzo è di 27.78 kN/m, molto minore di quella di rottura (55 kN/m); analogamente, per la geogriglia Fortrac T80 la tensione massima richiesta al rinforzo è di 40,40 kN/m, molto minore di quella di rottura (80 kN/m).

Per queste considerazioni la verifica di rottura dei rinforzi è da considerarsi positiva.

3.2.2 Rottura della connessione paramento / rinforzo

Il sistema costruttivo scelto è di tipo wrap-around, cioè con risvolto dello stesso elemento di rinforzo sia sul fronte che sulla superficie superiore dello strato, senza soluzione di continuità.

Con questi sistemi non è necessaria la verifica alla rottura della connessione paramento / rinforzo perché non vi è alcuna connessione, essendo la geogriglia continua; essa offre tutta la sua resistenza in ognuna delle tre porzioni di strato considerate (ancoraggio, fronte e risvolto).

Diversamente accade per quei sistemi dove l'elemento di rinforzo (geogriglia, geotessile, striscia o rete metallica) è fisicamente connesso ad un paramento diverso (blocchi in cls, pannelli prefabbricati, casseri metallici, geosintetici di ritenzione) per i quali è necessaria una connessione la cui verifica deve dimostrare che la resistenza della giunzione è maggiore o uguale alla resistenza del rinforzo.

E' importante rilevare che nel sistema proposto il cassero metallico ha solo la funzione di guida per il tracciamento e di sostegno del terreno durante le fasi di posa; non è connesso al rinforzo, non ha valenza strutturale e della sua resistenza non si è tenuto conto nei calcoli di stabilità.

Per queste considerazioni la verifica della connessione paramento / rinforzo è da considerarsi positiva.

3.2.3 Scorrimento per rotazione interna ed esterna all'opera

Le verifiche di scorrimento per rotazione interna all'opera (verifica interna) o nel suo intorno (verifica esterna) sono già state descritte nel capitolo relativo al dimensionamento generale e non differiscono nei metodi da quelle previste dalle NTC.

I risultati sono positivi, poiché in tutte le sezioni considerate la verifica di stabilità allo scorrimento per rotazione risulta:

- in condizioni sismiche $F_s \geq 1.20$
- in condizioni statiche $F_s \geq 1.10$

come osservabile alla pag. 5 di ogni output di dimensionamento.

Per queste considerazioni la verifica di scorrimento per rotazione interna ed esterna all'opera è da considerarsi positiva.

3.2.4 Scorrimento per traslazione o sfilamento

I risultati delle elaborazioni condotte per la verifica di scorrimento per sfilamento sulla base di ogni strato (verifica interna) e traslazione sulla base dell'opera (verifica esterna) sono già state descritte nel capitolo relativo al dimensionamento generale e non differiscono nei metodi da quelle previste dalle NTC.

I risultati sono positivi, poiché in tutte le sezioni considerate la verifica di stabilità allo scorrimento per traslazione risulta:

- in condizioni sismiche $F_s \geq 1.20$
- in condizioni statiche $F_s \geq 1.10$

come osservabile alla pag. 6 di ogni output di dimensionamento.

Per queste considerazioni la verifica di scorrimento per traslazione o sfilamento è da considerarsi positiva.

3.2.5 Ribaltamento dell'opera

L'opera in progetto è un'opera in cui la base è larga relativamente alla altezza, composta da materiali di bassa rigidità (aggregato di terreno, geogriglie), senza una fondazione che possa ruotare rigidamente.

Questi elementi fanno sì che questo tipo di opera, in presenza di spinte da tergo, tenda a scivolare sulla base o sulle superfici di strato piuttosto che a ribaltare: la verifica al ribaltamento perde quindi di significato.

Per queste considerazioni la verifica di ribaltamento è da considerarsi non applicabile.

3.2.6 Stabilità globale del versante

Il profilo rappresentato nel dimensionamento generale rappresenta l'intera porzione di versante che è influenzata dall'opera; a monte e a valle del profilo rappresentato non sono presenti pendii.

Per queste considerazioni la verifica di stabilità globale del versante è da considerarsi non applicabile.

3.3 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

3.3.1 Spostamenti verticali attesi

I cedimenti attesi sono generati:

- dal peso proprio del manufatto
- dal sovraccarico applicato sulla strada

Tali cedimenti si sviluppano:

- all'interno della terra rinforzata, nel terreno che costituisce ogni singolo strato
- sotto la terra rinforzata, nel terreno di sottofondo

Per i rilevati di altezza modesta come quello di progetto, la pressione generata dai rulli compattatori utilizzati per stendere il terreno è superiore alla pressione generata dal peso del proprio del manufatto; per questo motivo il cedimento del terreno interno all'opera si esaurisce durante la sua costruzione ed è pertanto trascurabile; è comunque necessario verificare che il livello di compattazione del terreno sia adeguato, utilizzando i metodi indicati nell'apposito capitolo.

Il cedimento del terreno sottostante l'opera può essere valutato con i metodi classici della geotecnica (Burland & Burbidge, Schmertmann, Terzaghi o simili); nel caso specifico, tenendo conto di un incastro dell'opera nel terreno di fondazione di 95 cm (valore medio tra 1 e 2 strati), lo spessore del terreno cedevole è ridotto a circa 1.0 m e produce, sotto il carico di progetto, cedimenti inferiori a 5.0 cm, perfettamente tollerabili dall'opera.

Adottando un valore di cedimento ammissibile di 5 cm la verifica agli spostamenti verticali attesi è da considerarsi positiva.

4 INDICAZIONI PER LA POSA

4.1 SEZIONI TIPO DELL'OPERA

In allegato sono disponibili le 3 sezioni tipo dell'opera, due trasversali all'argine in costruzione, (sez. A e sez. B), una trasversale al torrente (sez. C)

Nelle sezioni tipo è possibile vedere gli strati impilati; è indicata la lunghezza di ancoraggio, la resistenza di ogni geogriglia, l'altezza degli strati, l'inclinazione dell'opera ed altre informazioni sulla costruzione dell'opera.

Per le altezze intermedie rispetto a quelle calcolate ci si può riferire alla sezione tipo di altezza immediatamente superiore, eliminando dal basso gli strati in eccesso.

4.2 SEQUENZA DI POSA

In allegato è disponibile una scheda con la sequenza di posa dei materiali; tale scheda, unitamente alle sezioni tipo di progetto, è sufficiente per indicare alle maestranze come disporre i materiali della terra rinforzata.

Le indicazioni sulla collocazione planoaltimetrica delle opere è invece contenuta nelle tavole di progetto generale.

4.3 PRESCRIZIONI PER I MATERIALI

I casseri metallici dovranno essere in rete elettrosaldata di maglia 15 x 15 cm e filo 7/8 mm, andranno posati su piani orizzontali, con sormonti laterali di almeno 10 cm, senza legature tra casseri adiacenti, arretrando di circa 2 cm il cassero dello strato superiore rispetto a quello inferiore.

Le geogriglie dovranno essere stese con la direzione di massima resistenza disposta ortogonalmente al fronte, con le lunghezze di ancoraggio indicate nei disegni, con le lunghezze di risvolto di 1,50 m, con sormonti laterali di almeno 10 cm, senza pieghe o avvallamenti lungo il piano di posa. Fa eccezione lo strato sommitale, dove il risvolto dovrà essere lungo 2.0 m e sagomato in modo da accogliere la pavimentazione stradale prevista.

Il telo di ritenzione dovrà essere in materiale sintetico (polipropilene, polietilene, poliammide) e a maglia stretta (non superiore a 3 mm); dovrà essere immorsato sia nello strato sovrastante che in quello sottostante di almeno 20 cm e coprire l'intero fronte senza soluzione di continuità.

4.4 PRESCRIZIONI PER IL TERRENO DI RIEMPIMENTO

Il terreno previsto per il riempimento dell'opera appartiene ad una delle classi A1, A-2-4, A3 della classificazione HRB / CNR UNI 10006. Si tratta di una ghiaia con sabbia, con frazione fine non superiore al 25%. Qualora in cantiere sia disponibile del terreno conforme a tale specifica potrà essere utilizzato, viceversa si dovrà provvedere al suo approvvigionamento da cava.

Eventuali blocchi di diametro medio superiore ai 20 cm oppure con superficie a spigoli vivi dovranno essere scartati, nel caso sia necessario integrare il terreno esistente con altro terreno proveniente dall'esterno del cantiere, quest'ultimo dovrà essere di tipo granulare (ghiaia e sabbia con max 10% di fine

e blocchi non superiori a 20 cm) e corredato da marcatura CE oppure da opportuni certificati sulla compatibilità ambientale col sito di destinazione (D.Lgs 152/06).

Nella parte centrale del rilevato arginale è prevista la formazione di un setto in limo / argilla a bassa permeabilità e bassa compressibilità con uno spessore di circa 1.0 m e per tutta l'altezza dell'opera; tale terreno dovrà appartenere alla classe A-6 della classificazione HRB / CNR UNI 10006; non potranno perciò essere accettati terreni appartenenti alla classe A-7 perché eccessivamente compressibili.

Tutto il terreno dovrà essere compattato per strati di 20-30 cm in condizioni asciutte o poco umide, con rulli statici o dinamici, possibilmente a superficie bugnata.

4.5 PRESCRIZIONI PER I FRONTI DI SCAVO

Nel caso specifico, le opere verranno installate in rilevato rispetto al p.c. e quindi non è prevista l'apertura di fronti di scavo.

Il solo rilevato spondale prevede scavi di circa 4.0 m di altezza, che dovranno essere realizzati in condizione asciutta, mantenendo una superficie di scavo con inclinazione non superiore a 60°. e tenuti aperti il minor tempo possibile. Trattandosi di scavi da circa 6.5 m di lunghezza ci si aspetta un tempo di apertura inferiore ad una settimana.

4.6 PRESCRIZIONI PER LE OPERE DI FONDAZIONE

L'opera non prevede fondazioni particolari: l'opera dovrà essere immorsata nel terreno di sottofondo per uno spessore intermedio tra 1 e 2 strati, cioè 0.65 - 1.30 m.

Alla base si è volutamente esclusa la formazione di sottofondi portanti, geotessili o altri materiali di rinforzo per evitare che potessero fungere da orizzonti preferenziali di trasmissione dell'acqua e favorire il processo di sifonamento.

4.7 PRESCRIZIONE PER I DRENAGGI

Nella costruzione dell'opera non sono previsti elementi di drenaggio.

5 INDICAZIONI PER I CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

Nei precedenti capitoli è stato reso evidente che la stabilità dell'opera dipende da numerosi fattori: geometrici, geotecnici, sismici, idrogeologici, nonché dai carichi applicati e dalle caratteristiche delle geogriglie utilizzate.

Le verifiche di stabilità sono quindi valide solo se l'assetto dell'opera è rispondente alle assunzioni fatte in sede di definizione dei parametri di ingresso; in caso di qualsiasi variazione rispetto a quanto ipotizzato le verifiche perdono di validità e vanno ricondotte con i nuovi parametri.

Si invita pertanto la DL a verificare durante i lavori la rispondenza della situazione reale con quella assunta in sede di progetto e confrontarsi con il progettista per l'aggiornamento delle verifiche e le conseguenti modifiche al progetto.

5.1 CONTROLLI SUL TERRENO DI RIEMPIMENTO

Per controllare il terreno di riempimento, un buon compromesso tra risultati e costi è quello di eseguire delle analisi granulometriche a mezzo setacciatura per via umida con conseguente classificazione geotecnica del terreno di riempimento.

E' richiesto che il terreno di riempimento sia a prevalente matrice granulare, con un buon grado di assortimento e classificabile nelle classi GW, GP secondo la classificazione ASTM oppure nelle classi A-1, A-2-4, A-3 secondo la classificazione CNR UNI 10006.

E' richiesto che il terreno di riempimento del setto impermeabile sia a prevalente matrice fine, poco compressibile e classificabile nelle classi CL-ML secondo la classificazione ASTM oppure nella classe A-6 secondo la classificazione CNR UNI 10006.

5.2 CONTROLLI SULLA COMPATTAZIONE

Per controllare la compattazione è possibile procedere in due modi:

- prove proctor in laboratorio e prove di densità in sito
- prove di carico su piastra

Con il primo metodo si può misurare il massimo grado di compattazione ottenibile con quel terreno e confrontarlo con il grado di compattazione realmente ottenuto in sito; il requisito richiesto è il raggiungimento del 95% dello standard Proctor; in questo modo si stima la qualità della compattazione ma non si ottiene un valore numerico spendibile in calcoli di cedimento, che dipende anche della qualità del terreno.

Con il secondo metodo si può misurare in sito il valore di modulo di deformazione del terreno compattato; per rilevati di questa altezza è sufficiente raggiungere un modulo di deformazione di 25 MPa nell'intervallo di carico 50-150 kPa; in questo modo si ottiene il valore numerico utile per il calcolo dei cedimenti ma non si stima la qualità della compattazione, che dipende anche della qualità del terreno.

Si suggerisce di utilizzare il secondo metodo e prevedere almeno un paio di prove per ciascuno dei due materiali di riempimento.

5.3 CONTROLLI SUI MATERIALI DI RINFORZO

I controlli sulle geogriglie possono essere di carattere documentale o di carattere sperimentale.

In genere si procede ai test di laboratorio solo quando i controlli di carattere documentale hanno dato esito negativo o incerto. Per le geogriglie vanno ottenute dal fornitore la produzione di:

- scheda tecnica del prodotto
- scheda CE (dichiarazione di prestazione) del prodotto
- dichiarazione di conformità UNI 17050 della specifica fornitura alle schede citate
- certificato di qualità aziendale ISO 9001 del processo produttivo

In aggiunta a questi 4 documenti, è opportuno ottenere dal produttore anche i certificati di laboratorio relativi alle curve sforzo / deformazione secondo la ISO 10319, alle prove di danneggiamento meccanico,

chimico e per creep secondo la ISO 20432, qualora questi documenti non siano già stati forniti in fase progettuale; nel caso specifico, qualora l'impresa utilizzi effettivamente le geogriglie previste nel calcolo, questa documentazione può essere omessa in quanto è già disponibile tra i documenti di progetto.

Nel caso in cui la DL volesse procedere a prove di laboratorio, possono essere fatte delle prove di trazione secondo la ISO 10319, per verificare la resistenza a trazione e l'allungamento del prodotto. Va precisato che le prove di trazione sulle geogriglie, in particolare quelle tessute, sono di difficile esecuzione e richiedono l'impiego di morsetti idraulici di grande afferraggio e/o di morsetti a cabestano, perciò è necessario rivolgersi a laboratori specifici per prove su geosintetici e non a laboratori generici di prove sui materiali da costruzione. Nel caso si voglia seguire questa strada, si ricorda che le prove vanno fatte su provini esclusivamente nuovi, prelevati da rotoli imballati e conservati al riparo dalle intemperie e dalla luce del sole; per una prova di trazione è bene predisporre un provino di almeno 8 mq.

Le altre prove sui parametri fondamentali delle geogriglie, in particolare quelle sui parametri di durabilità, sono invece prove costose e molto lunghe nel tempo (per il creep anche più di 1 anno), al punto che non è d'uso farle per i controlli di cantiere, avendo comunque i dati già disponibili sulle schede tecniche.

5.4 CONTROLLI SUI MATERIALI ACCESSORI

Per i casseri metallici è facile controllare l'ampiezza della maglie (15x15 cm), lo spessore dei fili (7/8 mm) e l'angolo di piega (65°); va controllato il sormonto laterale (almeno 10 cm) mentre è invece ininfluente sia il sormonto verticale che la lunghezza del pezzo; è preferibile che i casseri sovrapposti NON siano legati tra loro.

Per il materiale di ritenzione è opportuno ottenere le schede tecniche del prodotto, mentre non sono necessari certificati di laboratorio sulle prestazioni meccaniche del prodotto. A discrezione della DI è possibile, in luogo della stuoia di ritenzione sintetica, utilizzare stuoie di ritenzione in fibra naturale (juta, cocco simili).

6 CONCLUSIONI

Su incarico del Parco Regionale Valle del Lambro è stata sviluppata la progettazione geotecnica di una terra rinforzata ubicata in loc. Calò, Comune di Besana in Brianza.

L'opera ha la funzione di rilevato arginale di un'area di esondazione controllata del Rio Brovada ed è in connessione con un manufatto di regimazione delle acque previsto nell'alveo del medesimo corso d'acqua.

Scopo del lavoro è stato fornire una relazione di calcolo idonea a soddisfare i requisiti richiesti al Cap. C10.1 sub. 1) della Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del MIT per le opere di sostegno in terra rinforzata, sviluppando i calcoli necessari sulla base di dati di progetto forniti dal committente.

E' previsto l'uso del terreno di riempimento disponibile in loco per la gran parte dell'opera e di materiale limoso argilloso di bassa permeabilità e bassa compressibilità per il setto impermeabile centrale; è anche previsto l'uso di geogriglie tessute in poliestere della Huesker Italia S.r.l., l'uso di casseri metallici e stuoia di ritenzione.

Sono stati considerati i carichi statici dovuti al peso proprio del terreno ed al peso del traffico veicolare previsto sulla strada di servizio, nonché l'azione sismica nelle verifiche per le quali è richiesta.

Sono state condotte le verifiche necessarie a garantire la stabilità dell'opera sulle sezioni più gravose sotto il profilo geometrico, utilizzando un software dedicato alle terre rinforzate di largo uso tra i professionisti del settore.

Sulla base di questi dati, le opere risultano verificate sia in condizioni statiche che in condizioni dinamiche con deformazioni attese ammissibili per questo tipo di opera.

Restiamo a disposizione per ogni eventuale chiarimento.

Chiari (BS)
30/06/2020

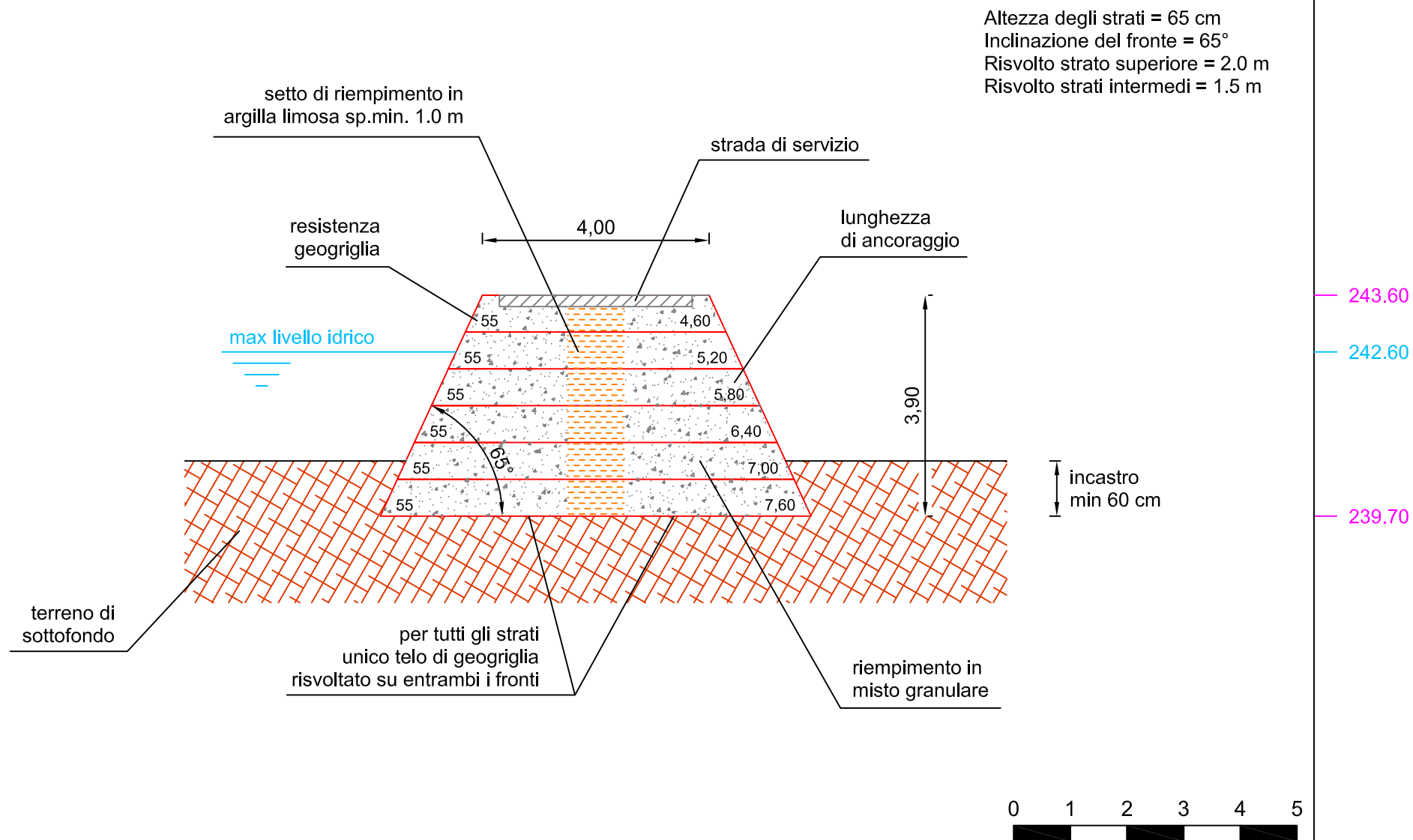
I professionisti incaricati
Dr. Geol. Gaetano Buttice
Dr. Geol. Stefano Sesana



Il presente atto è anche prodotto come documento informatico sottoscritto con la firma elettronica ai sensi e per gli effetti dell'Art. 20 del D.LGS. 82/2005

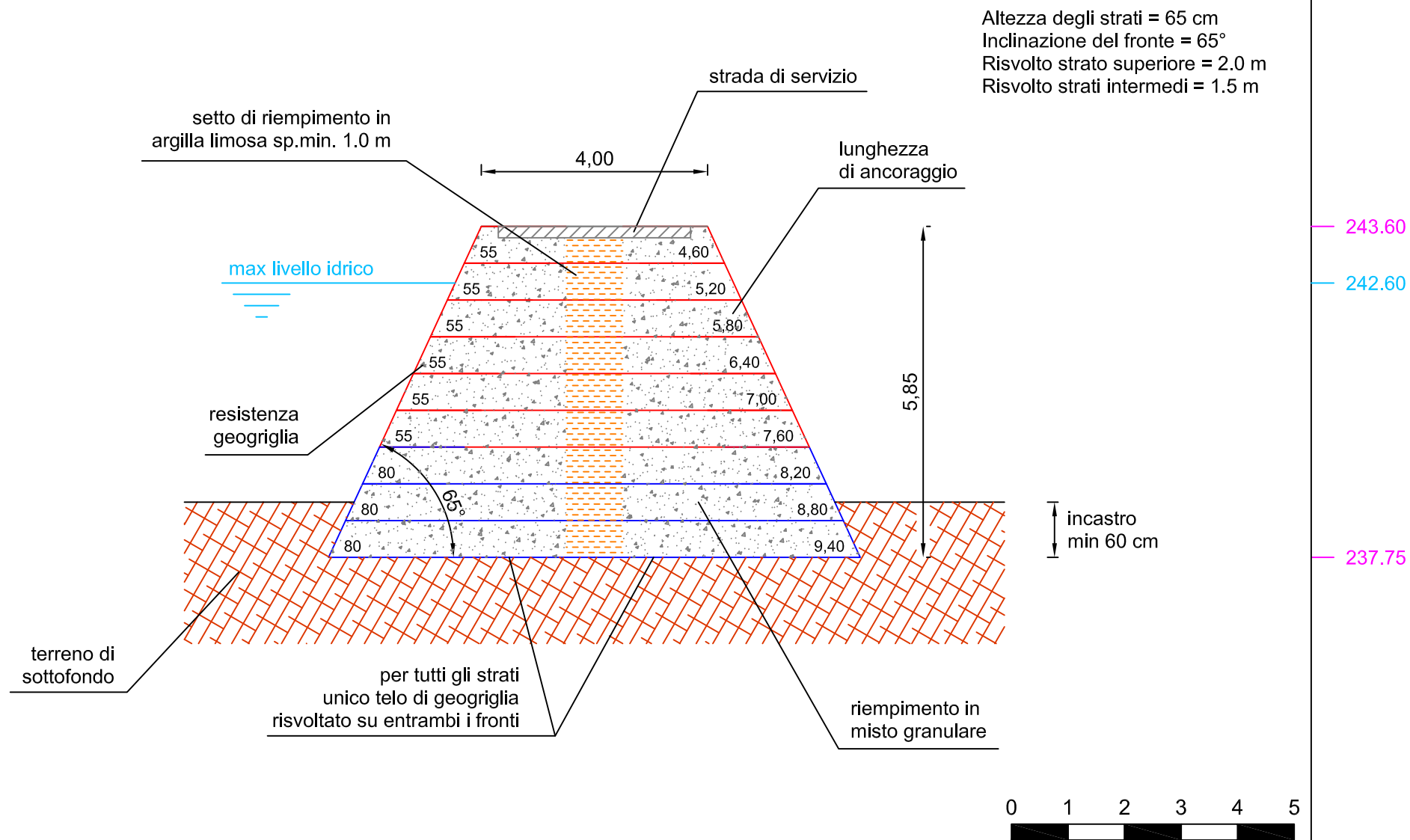
ELENCO ALLEGATI

1. Sezioni tipo (3 pagg.)
2. Schede tecniche materiali (17 pagg.)
3. Verifiche di stabilità (42 pagg.)
4. Istruzioni di posa (3 pagg.)
5. Specifiche di capitolato (1 pag.)



TERRA RINFORZATA - SEZIONE TIPO B - H585 (trasversale al rilevato)

210223 Rev.0

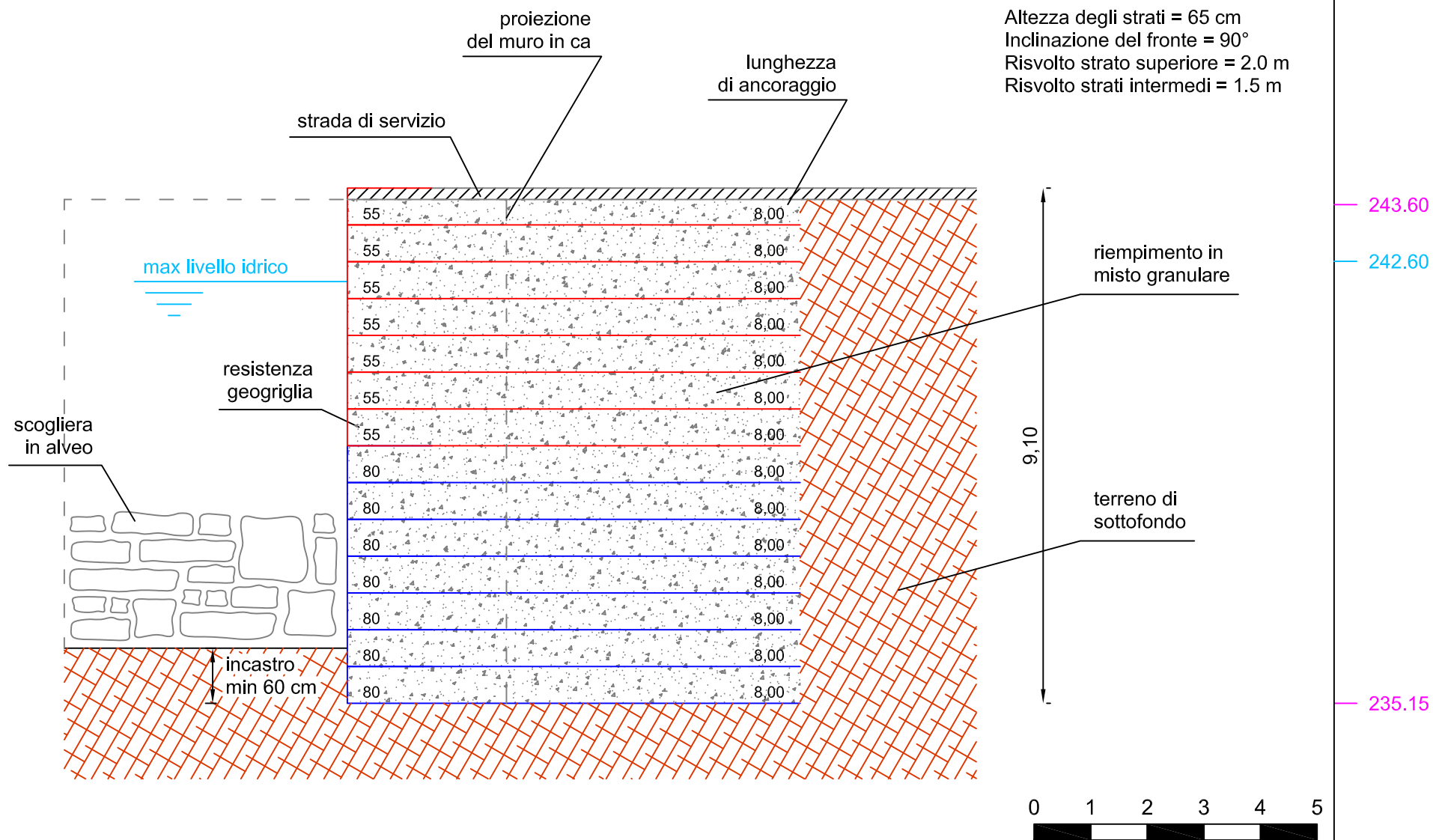


TERRA RINFORZATA - SEZIONE TIPO C - H845 (trasversale all'alveo)

210223 Rev.0

quote

Altezza degli strati = 65 cm
Inclinazione del fronte = 90°
Risvolto strato superiore = 2.0 m
Risvolto strati intermedi = 1.5 m





Descrizione del Prodotto



1. Nome	Fortrac® 55 T		
2. Descrizione	Geogriglia flessibile ad elevato modulo con rivestimento polimerico		
3. Materia prima	Geogriglia:	Longitudinale / Trasversale	PET
	Rivestimento:		Polimerico
4. Compatibilità ambientale	Non pericoloso		

Caratteristiche tecniche

1. Peso unitario (EN ISO 9864)		g/m ²	≅ 240
2. Apertura della maglia (circa)		mm	25 x 25
3. Resistenza alla trazione (EN ISO 10319)	Longitudinale Trasversale	kN/m kN/m	≥ 55 ≥ 20
4. Allungamento alla tensione nominale (EN ISO 10319)	Longitudinale Trasversale	% %	≤ 10 ≤ 10
5. Dimensioni standard del rotolo (Larghezza x Lunghezza)		m x m	5,00 x 200
6. Durabilità (EN 13249:2015)	Previsione di durabilità minima 100 anni in terreni naturali con pH ≥ 4 e ≤ 9 e temperature del terreno ≤ 25 °C		



Descrizione del Prodotto



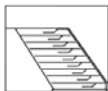
1. Nome	Fortrac® 80 T		
2. Descrizione	Geogriglia flessibile ad elevato modulo con rivestimento polimerico		
3. Materia prima	Geogriglia:	Longitudinale / Trasversale	PET
	Rivestimento:		Polimerico
4. Compatibilità ambientale	Non pericoloso		

Caratteristiche tecniche

1. Peso unitario (EN ISO 9864)		g/m ²	≅ 320
2. Apertura della maglia (circa)		mm	25 x 25
3. Resistenza alla trazione (EN ISO 10319)	Longitudinale Trasversale	kN/m kN/m	≥ 80 ≥ 20
4. Allungamento alla tensione nominale (EN ISO 10319)	Longitudinale Trasversale	% %	≤ 10 ≤ 10
5. Dimensioni standard del rotolo (Larghezza x Lunghezza)		m x m	5,00 x 200
6. Durabilità (EN 13249:2015)	Previsione di durabilità minima 100 anni in terreni naturali con pH ≥ 4 e ≤ 9 e temperature del terreno ≤ 25 °C		



Descrizione del Prodotto



1. Nome

Cassero L65R87

2. Descrizione

Cassero a perdere in rete elettrosaldata a maglia variabile piegata per la realizzazione di terre rinforzate, compreso di tiranti distanziatori (n°8/cass.) e picchetti di fissaggio (n° 3/cass.)

3. Materia prima

Acciaio B450C ad adherenza migliorata

4. Dimensione pannello rete

m x m $\cong 1,23 \times 4,00$

5. Diametro tondini di ferro

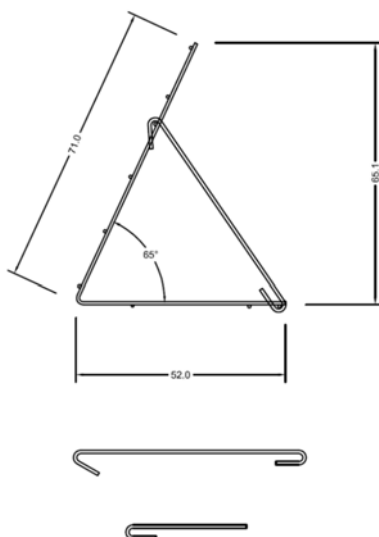
mm 8 - 7 - 6

6. Inclinazione

° $\cong 65^\circ$ (toll. $\pm 2^\circ$)

7. Altezza massima strato di terra rinforzata

cm ≤ 65

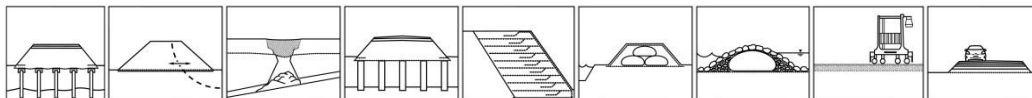


Nota Bene: Il cassero è solo una guida per la costruzione della terra rinforzata. Verificare il corretto posizionamento dei tiranti e comunque controllare continuamente la pendenza del fronte durante la realizzazione della terra rinforzata, in modo da effettuare eventuali correzioni in corso d'opera.



SCHEDA TECNICA:

Descrizione del Prodotto



Prodotto	HaTe® 23.142 GR
Descrizione prodotto	Georete tessuta con rivestimento polimerico
Materia prima	PET
Rivestimento protettivo	Polimerico
Colore	Verde
Impatto ambientale	Innocuo

Caratteristiche tecniche

	unità	valore nom.	toll.	
Peso unitario	g/m ²	160	-16	EN ISO 9864
Resistenza alla trazione (Long.)	kN/m	15,0	-0,00	EN ISO 10319
Resistenza alla trazione (Trasv.)	kN/m	14,0	-0,00	EN ISO 10319
Allungamento alla tensione nominale (Long.)	%	18,0	+0,0	EN ISO 10319
Allungamento alla tensione nominale (Trasv.)	%	22,0	+0,0	EN ISO 10319
Indice di permeabilità all'acqua normale al piano VH50	m/s	0,300	-0,050	EN ISO 11058
Diametro di filtrazione caratteristico 0₉₀	µm	3.500	+/-500	EN ISO 12956
Durabilità	Resistente per almeno 100 anni per applicazioni senza funzione di rinforzo in terreni naturali con pH ≥ 4 e ≤ 9 e temperature del terreno ≤ 25 °C			
Larghezza standard rotolo	cm	380		
Lunghezza standard rotolo	m	200,00		

Non si assume alcuna responsabilità per qualunque variazione nelle proprietà del prodotto causate da agenti ambientali e/o applicazioni ed usi impropri. Ci riserviamo il diritto di modificare le caratteristiche del materiale per eventuali miglioramenti del prodotto.

Scheda tecnica HaTe®

05/2021

Rev. I

HUESKER Srl
P.zza della Libertà, 3
34132 - Trieste - Italia
Tel.: +39 040 363605
Fax: +39 040 3481343
E-mail: info@HUESKER.it
Internet: <http://www.HUESKER.it>

Certificazioni HUESKER



Huesker Synthetic GmbH

Fabrikstrasse 13-15

D-48712 Gescher

Germany

Tel: 00 49 2542 7010 Fax: 00 49 2542 701499

e-mail: info@huesker.de

website: www.huesker.com



Roads and Bridges
Agrément Certificate
No 01/R125
Product Sheet 1

FORTRAC GEOSYNTHETICS

FORTRAC GEOGRIDS

The Highways Agency requirements to which this Certificate is subject are detailed on page 2

PRODUCT SCOPE AND SUMMARY OF CERTIFICATE

This Certificate relates to Fortrac Geogrids, polymeric geogrids for use as reinforcement in embankments with slope angles up to 70°.

THIS CERTIFICATE INCLUDES:

- factors relating to compliance with Highways Agency Requirements where applicable
- factors relating to additional non-regulatory information where applicable
- independently verified technical specification
- assessment criteria and technical investigations
- design considerations
- installation guidance
- regular surveillance of production
- formal three-yearly review.



KEY FACTORS ASSESSED

Mechanical properties — short-term tensile strength and strain and long-term tensile strength properties of the geogrids have been assessed (see section 6).

Material safety factors — partial safety factors for manufacture and extrapolation of data (f_m), installation damage (f_d) and environmental effects (f_e) have been established (see section 7).

Soil/geogrid interaction — coefficients relating to the direct sliding and pull-out resistance have been evaluated (see section 8).

Durability — the geogrids have good resistance to chemical degradation, biodegradation, temperature and weathering used in fills normally encountered in civil engineering practice (see section 10).

The BBA has awarded this Agrément Certificate to the company named above for the products described herein. These products have been assessed by the BBA as being fit for their intended use provided they are installed, used and maintained as set out in this Certificate.

On behalf of the British Board of Agrément

Date of First issue: 6 November 2008

Brian Chamberlain
Head of Approvals — Engineering

Greg Cooper
Chief Executive

Originally certificated on 18 October 2001

The BBA is a UKAS accredited certification body — Number 113. The schedule of the current scope of accreditation for product certification is available in pdf format via the UKAS link on the BBA website at www.bbacerts.co.uk

Readers are advised to check the validity and latest issue number of this Agrément Certificate by either referring to the BBA website or contacting the BBA direct.

British Board of Agrément
Bucknalls Lane
Garston, Watford
Herts WD25 9BA

©2008

tel: 01923 665300
fax: 01923 665301
e-mail: mail@bba.star.co.uk
website: www.bbacerts.co.uk

Highways Agency Requirements

Approval procedures shall be in accordance with HA Standard HD 22/02 (DMRB 4.1.2).

The products are for use in the following situation:

- embankments with an effective slope of up to 70°.

The design, materials specification and construction methods adopted shall be in accordance with HA Advice Note HA 68/94 (DMRB 4.1.4) and Manual of Contract Documents for Highway Works (MCHW)⁽¹⁾, Volumes 1 and 2, August 1998 (as amended).

(1) The MCHW is operated by the Overseeing Organisations: The Highways Agency (HA), Transport Scotland, the Welsh Assembly Government and the Department for Regional Development, Northern Ireland.

Regulations

Construction (Design and Management) Regulations 2007

Construction (Design and Management) Regulations (Northern Ireland) 2007

Information in this Certificate may assist the client, CDM co-ordinator, designer and contractors to address their obligations under these Regulations.

See sections: 1 *Description* (1.3), 2 *Delivery and site handling* (2.2) and 11 *General*.

General

This Certificate relates to Fortrac Geogrids, polymeric geogrids for use as reinforcement in embankments with slope angles up to 70°.

The products provide lateral restraint to suitable cohesive or frictional soils in embankments, with stability achieved by the interaction and interlocking of the soil particles with the Fortrac Geogrids.

The design and construction of embankments must be in accordance with the requirements of the Highways Agency (HA); acting on behalf of the Department for Transport, the Scottish Executive, the Welsh Assembly Government, and the Department for Regional Development, Northern Ireland, and the conditions set out in the *Design Considerations* and *Installation* parts of this Certificate.

Technical Specification

1 Description

1.1 Fortrac Geogrids are planar structures consisting of a regular open network of integrally-connected tensile elements of yarn. The yarn, is made from high modulus polyester fibres of polyethylene terephthalate (PET).

1.2 The yarn is woven into grids and coated with a protective layer of black polymer, by the Certificate holder.

1.3 The geogrids are manufactured in four standard grades of various strengths and mesh sizes. A typical geogrid is illustrated in Figure 1 and the range and specification of the geogrids assessed by the BBA are listed in Tables 1 and 2.

1.4 The warp direction is along the roll length and is indicated by a wrap-around yarn bundle (see Figure 1).

Figure 1 Fortrac Geogrids

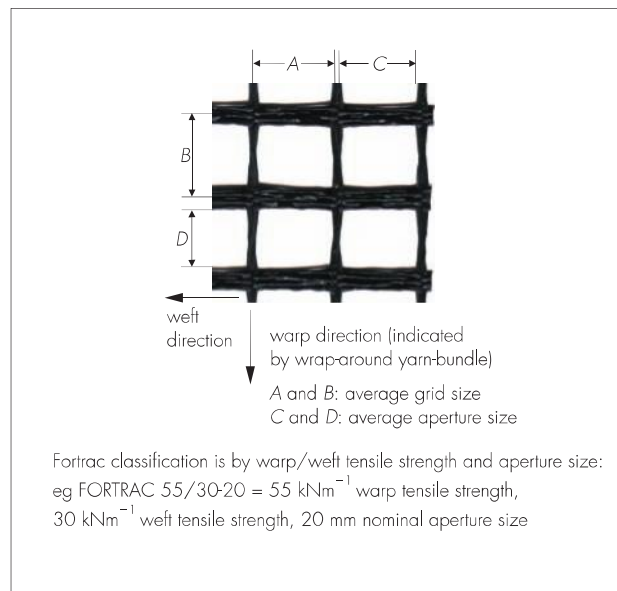


Table 1 General specification

Grade	Mass ⁽¹⁾ (gm ⁻²) ± 9%	Average grid size ⁽²⁾ warp/weft (mm) A x B	Average aperture size ⁽²⁾ warp/weft (mm) C x D	Colour code ⁽³⁾	Roll weight of 200 m rolls (kg ± 10%)	
					3.7 m width	5.0 m width
35/20-20	250	23 x 23	20 x 18	red	196	264
55/30-20	350	23 x 23	20 x 18	green	270	364
80/30-20	440	23 x 23	20 x 19	pink	336	454
110/30-20	490	23 x 23	20 x 19	white	373	504

(1) Mass/unit area measured in accordance with BS EN ISO 9864 : 2005.

(2) Reference dimensions (see Figure 1).

(3) In accordance with BS EN ISO 10320 : 1999.

Table 2 Performance characteristics

Grade	Short-term tensile strength ⁽¹⁾ warp direction (MD) P_{char} (kN per m width)	α_s ⁽²⁾	Ratio of bearing ⁽³⁾ surface to plan area $\alpha_b \times B/2S$	Strain at maximum tensile strength ⁽⁴⁾ (%)
35/20-20	35	0.28	0.020	12.0 +0/-3
55/30-20	55	0.28	0.024	12.5 +0/-3
80/30-20	80	0.26	0.038	12.5 +0/-3
110/30-20	110	0.27	0.030	12.5 +0/-3

(1) Short-term tests in accordance with BS EN ISO 10319 : 1996, the values given are characteristic values (P_{char}) of ultimate short-term tensile strength.

(2) α_s is the proportion of the plane sliding area that is solid and is required for the calculation of the bond coefficient (f_b) and the direct sliding coefficient (f_{ds}) (see sections 8.1 and 8.4).

(3) The ratio is required to calculate the bond coefficient in accordance with CIRIA SP123 : 1996 *Soil Reinforcement with Geotextiles*, Jewell R.A. (see section 8.4):

α_b is the proportion of the grid width available for bearing

B is the thickness of a transverse member of a grid taking bearing

S is the spacing between transverse members taking bearing.

(4) Tests in accordance with BS EN ISO 10319 : 1996, the values given are the mean and tolerance values ($\pm$) of strain in accordance with BS EN 13251 : 2001.

1.5 Factory production control is exercised throughout all stages of manufacture. The specification of the incoming yarn is checked against the Certificate of Conformity from the supplier. Checks made on the woven grid and the polymer protective coating include visual examination, dimensional checks and batch performance tests.

2 Delivery and site handling

2.1 The geogrids are delivered to site in rolls of 0.5 m to 0.6 m diameter approximately and 200 m long. Each roll is wrapped for transit and site protection in a black polyethylene bag. Each bag is labelled with the geogrid grade and identification (see Figure 2). Packaging should not be removed until immediately prior to installation.

Figure 2 Label

CE 0799-CPD-17	Stückkarte Piece-Label/Fiche-Produit	#HUESKER HUESKER SYSTEME KNOBEL Friedrich 15-16 D-66729 Kiersbach/Obermosel
Produkt/Product/Produit Fortrac® 35/20-20		
Hersteller/Manufacturer	Geogitter	Polymer PES/PES Polymer (s)
Breite/Width/Largeur	300	Länge/Length/Longueur 200
Nähtiefe/Needle Depth	250	Stitch depth/Weight 212
Nähtyp/Needle	24196	Stitch/Needle/Pointe
Datum/Date	28.06.2004	Nähtyp/Needle
		

2.2 The ends of the actual rolls are sprayed with colour-coded paint to assist identification of a particular grade of geogrid on site (Table 1) in accordance with BS EN ISO 10320 : 1999.

2.3 Rolls should be stored in clean, dry conditions. The rolls should be protected from mechanical or chemical damage and extreme temperatures. Toxic fumes are given off if the geogrids catch fire and therefore the necessary precautions should be taken following the instructions of the material safety data sheet for the product.

2.4 When laid horizontally, the rolls may be stacked up to five high. No other loads should be stored on top of the stack.

Assessment and Technical Investigations

The following is a summary of the assessment and technical investigations carried out on Fortrac Geogrids.

Design Considerations

3 General

3.1 Fortrac Geogrids are satisfactory for use as polymeric reinforcement to embankments with maximum slope angles of 70°. Structural stability is achieved through the frictional interaction and mechanical interlocking of soil particles with the woven grid.

3.2 Prior to the commencement of the work, the designer shall satisfy the HA geotechnical certification requirements.

3.3 The geogrids may be used in combination with soil types having an effective angle of shearing resistance in the range of 15° to 50°, and where the design is in accordance with the procedures given in HA Advice Note HA 68/94 (DMRB 4.1.4).

3.4 Prior to, during and after installation, particular care should be taken to ensure:

- site preparation and embankment construction is as detailed in sections 11 to 13
- fill properties satisfy the design specification
- drainage is adequate at all stages of construction, as required by the contract documents
- the geogrids are protected against damage from site traffic and installation equipment
- the stability of existing structures is not affected.

4 Practicability of installation

The products are easily installed by trained ground engineering contractors, in accordance with the specifications and construction drawings (see the *Installation* part of this Certificate).

5 Design

Reinforced soil structure

5.1 For reinforced embankment projects in the UK, when designs are carried out by, or on behalf of, the manufacturer, these are in accordance with the procedures given in HA Advice Note HA 68/94 (DMRB 4.1.4).

5.2 The design strength of the reinforcement (P_{des}) should be derived from the unfactored long-term characteristic strength (P_c) (see section 6.4) using the formula:

$$P_{des} = P_c / f_m \times f_d \times f_e$$

where: f_m , f_d and f_e are safety factors (see section 7).

5.3 Guidance on the soil/geogrid interaction coefficients applied in the calculations to derive the direct sliding and pull-out resistance is given in section 8.

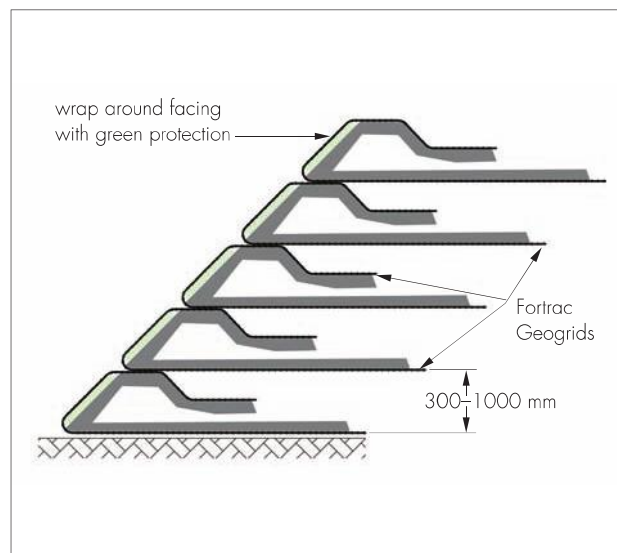
5.4 Working drawings should show the correct orientation of the geogrids. Each layer of reinforcement must be continuous in the direction of load, ie no overlaps.

5.5 If the geogrids are cut or punched to allow for the placing of vertical drains, ducts or planting, only weft strands should be cut. The integrity of the reinforcing length (warp) must not be interfered with in any way.

Facings

5.6 Where the geogrids are used to form the facing, natural or artificial protection should be provided for the geogrids and the fill material (see Figure 3), to protect the geogrids against damage from ultraviolet light (UV), fire and vandalism, and the fill material from erosion. Other facing covers or panels may be used but these are beyond the scope of this Certificate.

Figure 3 Facings



Fill properties

5.7 The designer should specify the relevant properties of a fill material deemed 'acceptable' for the purpose of the design. 'Acceptable' materials should meet the requirements of the Manual of Contract Documents for Highway Works (MCHW), Volume 1 and HA Advice Note HA 68/94 (DMRB 4.1.4).

6 Mechanical properties

Tensile strength — short-term

6.1 The short-term tensile strength and strain values are included in Table 2.

Tensile strength — long-term

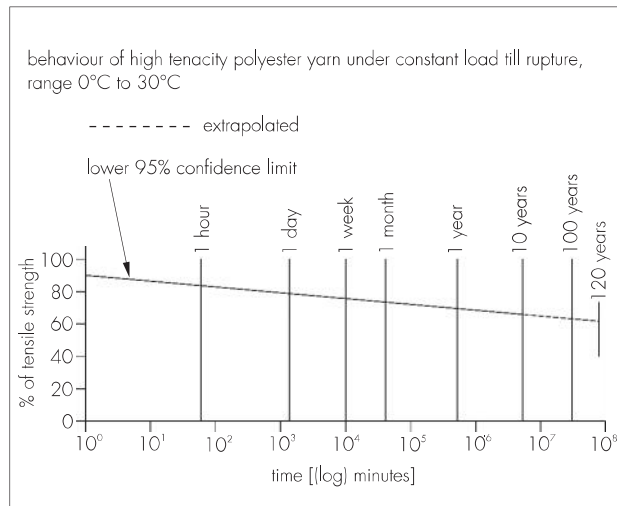
6.2 Long-term creep rupture testing, generally in accordance with the principles of BS EN ISO 13431 : 1999, has been carried out for periods in excess of 10 years and at varying test temperatures, to cover the range of geogrids detailed in this Certificate.

6.3 Real time data for the yarn has been extrapolated by <1.0 log cycle to allow the characteristic long-term strength (P_c) for design lives of up to 120 years to be determined. Using principles of stepped isothermal method for both the geogrid and virgin yarn material, predicted long-term strengths for a design life of 60 years at design temperatures of 20°C have been obtained from the measured data, without the need for direct extrapolation.

6.4 For ultimate limit state, for a 120-year design life P_c is 60% of the characteristic short-term tensile strength (P_{char}) and for a 60-year design life, 64% of P_{char} (see Figure 4). The design life for reinforced slopes should be taken as 60 years in accordance with HA 68/94 (DMRB 4.1.4). The values for P_{char} are given in Table 2.

6.5 A sustained load testing programme is in progress to monitor the creep performance of the yarn.

Figure 4 Time to rupture



7 Material safety factors

7.1 In establishing the permissible tensile strength of the geogrids and ensuring that during the life of the embankment the geogrid will not fail in tension, the BBA recommends that in line with the method of HA Advice Note HA 68/94, a set of partial material safety factors should be applied to P_c . Conditions of use outside the scope for which partial safety factors are defined (see also sections 7.2 to 7.4) are not covered by this Certificate and advice should be sought from the manufacturer.

Manufacture and extrapolation of data — partial safety factor (f_m)

7.2 To allow for variation in manufacture and product dimensions and to account for extrapolation of data the value for the safety factor (f_m) is given in Table 3.

Table 3 Partial material safety factor — manufacture and extrapolation of data

Design life ⁽¹⁾ (years)	Safety factor (f_m)
120	1.10
60	1.05

(1) The design life for reinforced slopes should be taken as 60 years in accordance with HA 68/94.

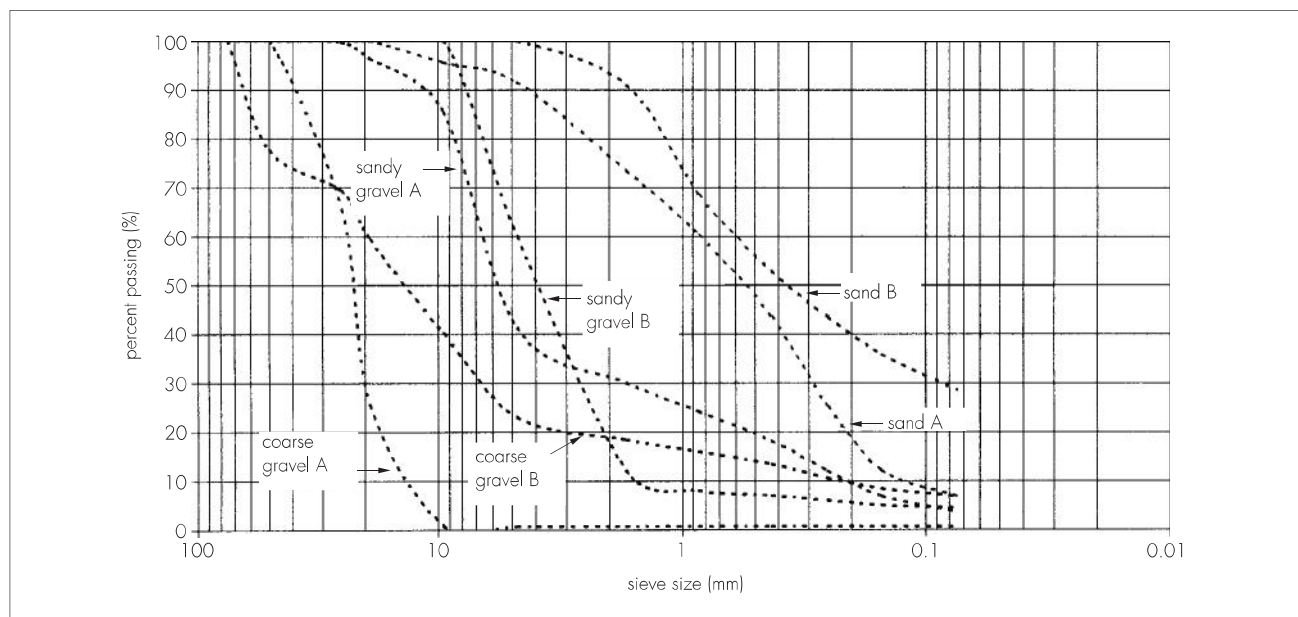
Installation damage — partial safety factors (f_d)

7.3 To allow for loss of strength due to mechanical damage that may be sustained during installation, the appropriate value for f_d may be selected from Table 4. These partial safety factors were established from full-scale installation damage tests using a range of materials whose gradings can be seen in Figure 5 with a minimum compacted depth of 200 mm. For fills not covered by Table 4, appropriate values of f_d may be determined from site specific trials or the engineer may exercise engineering judgement to interpolate between the values given.

Table 4 Partial safety factor — mechanical installation damage (f_d)

Soil type	D_{90} particle size (mm)	Grade	f_d
Sand A	≤ 4	35/20-20	1.17
		55/30-20	1.06
Sand B	≤ 2	80/30-20	1.03
		110/30-20	1.04
Sandy gravel A	≤ 12	35/20-20	1.17
		55/30-20	1.09
Sandy gravel B	≤ 8	80/30-20	1.13
		110/30-20	1.07
Coarse gravel A	≤ 65	35/20-20	1.29
		55/30-20	1.19
Coarse gravel B	≤ 40	80/30-20	1.19
		110/30-20	1.18

Figure 5 Particle size distributions of fills used in installation drainage treating



Environmental effects — partial safety factor (f_e)

7.4 To account for environmental conditions, the appropriate value for f_e should be selected from Table 5.

Table 5 Partial safety factor — environmental effects (f_e)

Soil pH level (pH)	Safety factor ⁽¹⁾ (f_e)
9.0–10.0	1.10
4.1– 8.9	1.03
2.0– 4.0	1.15

(1) An additional safety factor of 1.11 should be applied when the geogrids are exposed to natural daylight and weathering for more than one year but less than three years.

8 Soil/geogrid interaction

Direct sliding

8.1 The theoretical expression for direct sliding recommended for design is:

$f_{ds} \tan \phi'$ where f_{ds} is the direct sliding coefficient [synonymous with the term 'interface sliding factor (α)' defined in HA Advice Note HA 68/94].

$$f_{ds} = \alpha_s \left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi'} \right) + (1 - \alpha_s)$$

where: $\left(\frac{\tan \delta}{\tan \phi'} \right)$ is the coefficient of skin friction (f_{sf}), and

α_s is the proportion of plane sliding area that is solid (see Table 2).

8.2 For Fortrac Geogrids the coefficient of skin friction ($\tan \delta / \tan \phi'$) may be assumed, for routine design purposes, to be 0.6 for compacted frictional fill. This is a conservative value. Where more precise values are required, for use in design, suitable soil and geogrid specific shear box testing may be carried out. Soil specific testing has shown that values of $f_{ds} \geq 1.0$ can be achieved.

Formulae notation

δ = angle of friction between soil and plane reinforcement surface

ϕ' = effective angle of friction of soil.

Pull-out resistance (bond strength)

8.3 The theoretical expression for bond is:

$f_b \tan \phi'$ where f_b is the bond coefficient [synonymous with the term 'bearing factor (α)' defined in HA Advice Note HA 68/94].

8.4 The use of laboratory pull-out testing to determine the value of the bond coefficient (f_b) is not recommended at present. For routine design purposes, values may be estimated using the calculation method of Jewell (CIRIA SP123,

1996 *Soil Reinforcement with Geotextiles*, section 4.6). For Fortrac Geogrids, the coefficient of skin friction ($\tan \delta / \tan \phi'$) may be assumed, for routine design purposes, to be 0.6 for compacted frictional fill and the ratio of bearing surface to plane area can be taken from Table 2. The BBA recommends that site specific pull-out testing is carried out to confirm the value of bond coefficient (f_b) used in the final design. Values of $f_b \geq 1.0$ have been reported based on site and soil specific testing.

9 Maintenance

As the product is confined within the soil and has suitable durability (see section 10), maintenance is not required.

10 Durability

10.1 The geogrids may be used in fills normally encountered in civil engineering practice (see section 5.7).

10.2 Evidence from tests show that the geogrids have good resistance to chemical degradation, biodegradation, temperature and weathering (see sections 10.3 to 10.8).

Chemical degradation

10.3 Within a soil environment where pH ranges from pH 2.0 to 10.0 and temperatures are typical of those normally found in embankments in the United Kingdom, the strength of the geogrids is not adversely affected by hydrolysis, for applications where sustained soil temperatures are below 30°C.

10.4 The yarn has a high resistance to degradation from the types of chemicals typically found in soils used for civil engineering purposes.

Biological degradation

10.5 The yarn is highly resistant to microbial attack.

Effects of temperature

10.6 The long-term creep performance of the geogrids is not adversely affected by the range of soil temperatures typical of embankments in the UK for service loads of up to 50% short-term tensile strength.

10.7 Where the geogrids may be exposed to temperatures higher than 30°C or lower than 0°C for significant periods of time, consideration should be given to the temperature levels, the range of temperatures, period of exposure and stress levels at the location in question. Sustained temperatures of greater than 30°C can increase the rate of hydrolysis of polyester and further reduction factors may be necessary.

Resistance to weathering

10.8 The geogrids do not show significant reductions in strength after three years' exposure to natural daylight and weathering. The BBA recommends that natural or artificial protection should be provided to protect exposed geogrids and fill materials within one year of initial exposure to natural daylight. If the geogrids are exposed for more than one year, an additional partial safety factor should be applied in accordance with the footnote to Table 5.

Installation

11 General

In general, the execution of reinforced soil structures should be carried out in accordance with BS EN 14475 : 2006. Care should be exercised to ensure Fortrac Geogrids are laid with the warp (longitudinal) direction parallel to the direction of principal stress. Design drawings should indicate geogrid orientation (see section 5.4).

12 Preparation

The formation is prepared by levelling and compacting the subgrade in accordance with MCHW1. The surface must be free of root growth, logs, frozen matter and any other obstacles that may damage the geogrids.

13 Procedure

13.1 The geogrid is laid by unrolling the grid to the length required and cutting with a sharp knife or scissors. The unrolling of the grid may be carried out manually or mechanically.

13.2 The grids should be laid flat without folds, parallel to each other and with widths in contact. Each reinforcing layer must be continuous in the direction of loading and there should be no overlapping of the grids. Strip misalignment must not exceed 50 mm over a distance of 5 m. Pins or a stretching device may be used to control alignment and also to induce a small prestressing load prior to filling.

13.3 Particular care should be taken to ensure that the grids are adequately covered before compaction or trafficking. Construction traffic will damage unprotected Fortrac Geogrids.

13.4 Fill materials and the thickness and compaction of the fill should be in accordance with MCHW1 and in line with those conditions used to determine the installation damage partial safety factors in the design (see section 7.3).

13.5 Facings are positioned as detailed on the engineer's design drawing. Where the geogrids are used as facings, the geogrid must be wrapped around and anchored back into the fill. Formwork is used to assist in maintaining the shape of the facing. Facings, prefabricated or otherwise, are beyond the scope of this Certificate. A typical example is shown in Figure 3.

14 Investigations

14.1 The manufacturing process of the geogrids was examined, including the methods adopted for quality control, and details were obtained of the quality and composition of the materials used.

14.2 An examination was made of data relating to:

- evaluation of long- and short-term tensile properties
- an assessment of the test method for determining tensile creep rupture and creep strain results in comparison with the method given in BS EN ISO 13431 : 1999
- synergy of mechanical damage and chemical degradation on long-term creep performance
- chemical degradation
- resistance to biological attack
- resistance to weathering
- effects of temperature
- site damage trials and resistance to mechanical damage
- coefficients of interaction between the geogrids and the soil fill
- an assessment of the proposed design method in relation to the recommendations of HA Advice Note HA 68/94 (DMRB 4.1.4).

14.3 The practicability and ease of handling and installation were assessed.

Additional Information

The management systems of Huesker Synthetic GmbH have been assessed and registered as meeting the requirements of EN ISO 9001 : 2000 by TÜV, Germany (Certificate No 041007084).

Bibliography

- BS EN 13251 : 2001 *Geotextiles and geotextile-related products — Characteristics required for use in earthworks, foundations and retaining structures*
- BS EN 14475 : 2006 *Execution of special geotechnical works reinforced fill*
- BS EN ISO 9864 : 2005 *Geosynthetics — Test method for the determination of mass per unit area of geotextiles and geotextile-related products*
- BS EN ISO 10319 : 1996 *Geotextiles — Wide-width tensile test*
- BS EN ISO 10320 : 1999 *Geotextiles and geotextile-related products. Identification on site*
- BS EN ISO 13431 : 1999 *Geotextiles and geotextile-related products — Determination of tensile creep and creep rupture behaviour*
- EN ISO 9001 : 2000 *Quality management systems — Requirements*
- HA 68/94 *Design methods for the reinforcement of highway slopes by reinforced soil and soil nailing techniques (DMRB 4.1.4)*
- HD 22/02 *Design Manual for Roads and Bridges : Volume 4, Geotechnics and Drainage, Section 1, Earthworks : Part 2, Managing Geotechnical Risk*
- Manual of Contract Documents for Highway Works, Volume 1 *Specification for Highway Works*, August 1998 (as amended)
- Manual of Contract Documents for Highway Works, Volume 2 *Notes for Guidance on the Specification for Highway Works*, August 1998 (as amended)

15 Conditions

15.1 This Certificate:

- relates only to the product/system that is named and described on the front page
- is granted only to the company, firm or person named on the front page — no other company, firm or person may hold or claim any entitlement to this Certificate
- is valid only within the UK
- has to be read, considered and used as a whole document — it may be misleading and will be incomplete to be selective
- is copyright of the BBA
- is subject to English law.

15.2 References in this Certificate to any Act of Parliament, Statutory Instrument, Directive or Regulation of the European Union, British, European or International Standard, Code of Practice, manufacturers' instructions or similar publication, are references to such publication in the form in which it was current at the date of this Certificate.

15.3 This Certificate will remain valid for an unlimited period provided that the product/system and the manufacture and/or fabrication including all related and relevant processes thereof:

- are maintained at or above the levels which have been assessed and found to be satisfactory by the BBA
- continue to be checked as and when deemed appropriate by the BBA under arrangements that it will determine
- are reviewed by the BBA as and when it considers appropriate
- remain in accordance with the requirements of the Highways Agency.

15.4 In granting this Certificate, the BBA is not responsible for:

- the presence or absence of any patent, intellectual property or similar rights subsisting in the product/system or any other product/system
- the right of the Certificate holder to manufacture, supply, install, maintain or market the product/system
- individual installations of the product/system, including the nature, design, methods and workmanship of or related to the installation
- the actual works in which the product/system is installed, used and maintained, including the nature, design, methods and workmanship of such works.

15.5 Any information relating to the manufacture, supply, installation, use and maintenance of this product/system which is contained or referred to in this Certificate is the minimum required to be met when the product/system is manufactured, supplied, installed, used and maintained. It does not purport in any way to restate the requirements of the Health & Safety at Work etc Act 1974, or of any other statutory, common law or other duty which may exist at the date of this Certificate; nor is conformity with such information to be taken as satisfying the requirements of the 1974 Act or of any statutory, common law or other duty of care. In granting this Certificate, the BBA does not accept responsibility to any person or body for any loss or damage, including personal injury, arising as a direct or indirect result of the manufacture, supply, installation, use and maintenance of this product/system.

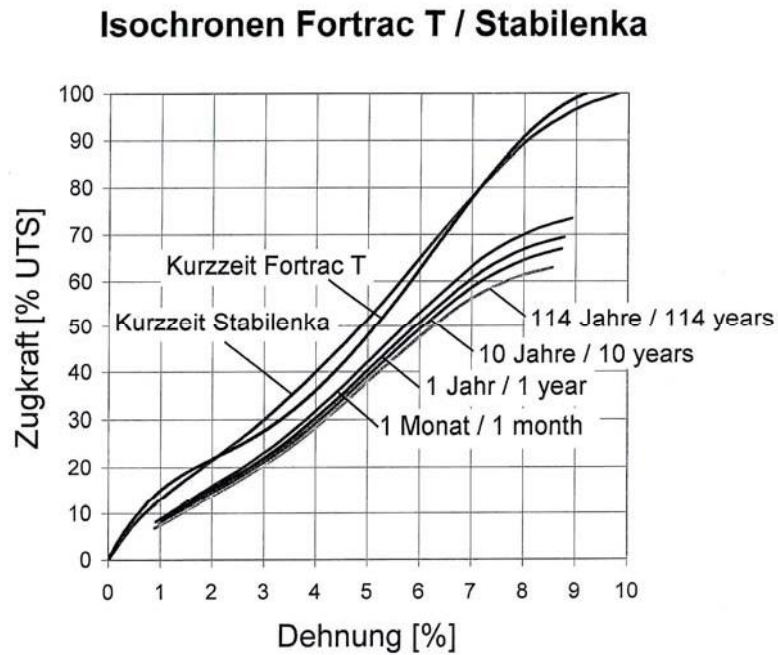


Fig.9: Isochronous curves from tBU tests

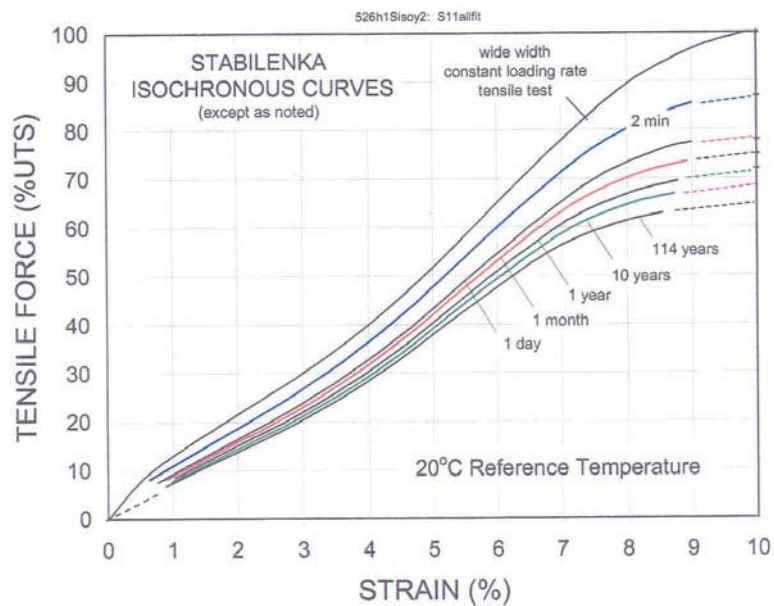


Fig.10: Isochronous curves for Stablenka from TRI programme of work

210223 v1 sez390 sismica rev1

Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2008, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 210223 v1 sez390 sismica rev1
Project Number: -
Client:
Designer: -

Description:

Company's information:

Name:
Street:

Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: C:\Users\GB1\Desktop\Ressa\210223 v1 sez390 sismica rev1.MSE
Original date and time of creating this file: Thu Oct 14 21:23:56 2021

PROGRAM MODE: Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)

SOIL DATA

===== Soil Layer #: =====	Unit weight, γ [kN/m ³]	Internal angle of friction, ϕ [deg.]	Cohesion, c [kPa]
....1.....Soil 1.....	19.0	32.0	0.0
....2.....Soli 2.....	20.0	15.0	0.0
....3.....Soil 3.....	17.0	32.9	0.0
....4.....Soil 3.....	19.0	35.0	0.0

REINFORCEMENT

Reinforcement		Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Coverage Ratio, Rc
Type #	Geosynthetic Designated Name					
1	55	55.00	1.20	1.10	1.50	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout ====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
1	55	0.90	0.90	0.90	0.90

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50
Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

WATER

Unit weight of water = 9.81 [kN/m³]
Water pressure is defined by phreatic surface in Effective Stress Analysis.

SEISMICITY

Horizontal ground acceleration coefficient, Ao = 0.08
Design seismic acceleration, Am = 0.5 x Ao = 0.04

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - COMPLEX - Quick Input

- Problem geometry is defined along sections selected by user at x,y coordinates.
- X1,Y1 represents the coordinates of soil surface. X2,Y2 represent the coordinates of the end of soil layer 1 and start of soil layer 2, and so on.
- Xw,Yw represents the coordinates of phreatic surface.

GEOMETRY

Soil profile contains 4 layers

WATER GEOMETRY

Phreatic line was specified.

UNIFORM SURCHARGE

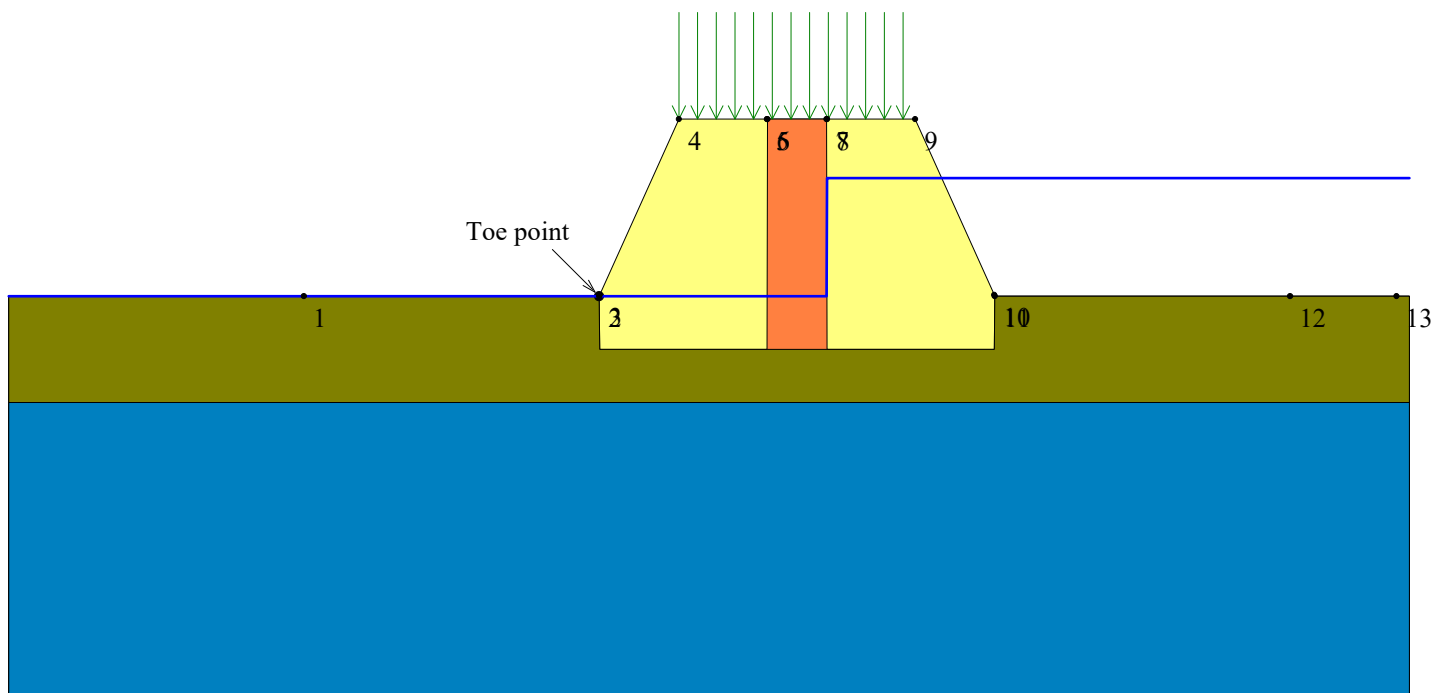
Load Q1 = 10.00 [kPa] inclined from vertical at 0.00 degrees, starts at X1s = 106.35 and ends at X1e = 110.35 [m].

Surcharge load, Q2.....None

Surcharge load, Q3.....None

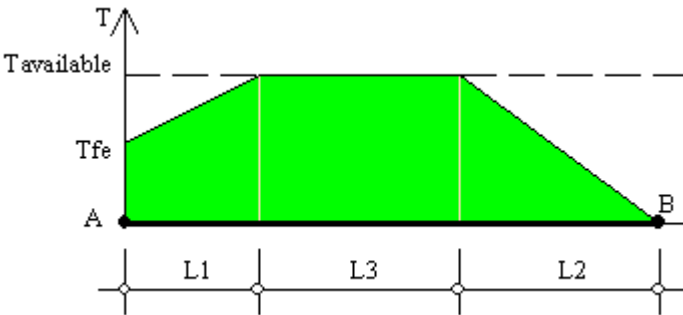
STRIP LOAD

.....None.....



SCALE:

DISTRIBUTION OF AVAILABLE STRENGTH ALONG EACH REINFORCEMENT LAYER



A = Front-end of reinforcement (at face of slope)
B = Rear-end of reinforcement
AB = $L1 + L2 + L3$ = Embedded length of reinforcement

Tavailable = Long-term strength of reinforcement
Tfe = Available front-end strength (e.g., connection to facing)

L1 = Front-end 'pullout' length
L2 = Rear-end pullout length
Tavailable prevails along L3

Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, $F_{s-po} = 1.50$

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]
1	55	0.30	6.40	0.00	1.88	4.52	27.78	27.78
2	55	0.95	5.80	0.00	1.93	3.87	27.78	27.78
3	55	1.60	5.20	0.00	2.15	3.05	27.78	27.78
4	55	2.25	4.60	0.00	3.54	1.06	27.78	27.78
5	55	-0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 (*)
6	55	-0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 (*)

(*) This Tavailable is dictated by the pullout resistance capacity, which is smaller than the long-term strength of the reinforcement that is related to its specified ultimate strength

RESULTS OF ROTATIONAL STABILITY ANALYSIS

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.)
The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each entry point (considering all specified exit points)									
Entry Point #	Entry Point (X, Y) [m]		Exit Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	105.00	100.00	105.00	100.00	105.00	100.00	0.00	N/A	#10 - Overhanging Cliff
2	107.39	103.00	105.74	101.67	106.01	103.02	1.37	9.07	
3	108.42	103.00	105.74	101.67	106.28	103.95	2.35	4.09	
4	109.46	103.00	100.56	100.02	104.43	103.23	5.03	2.91	
5	110.49	102.69	99.93	100.09	104.60	103.86	6.01	2.44	OK
6	111.53	100.39	99.92	100.10	105.61	104.71	7.32	2.51	
7	112.56	100.00	99.99	100.01	106.28	105.46	8.32	2.71	
8	113.60	100.00	99.91	100.07	106.80	109.02	11.30	3.03	
9	114.63	100.00	99.95	100.02	107.32	114.36	16.11	3.41	
10	115.67	100.00	100.00	100.00	107.83	133.93	34.82	3.77	
11	116.70	100.00	99.99	100.00	108.35	139.28	40.16	4.09	

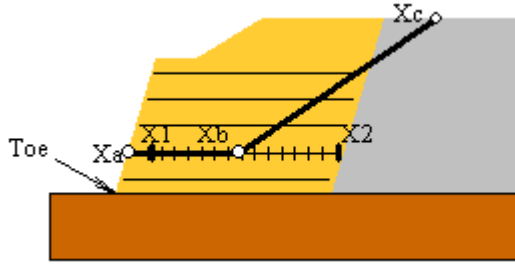
Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-entry' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.)
The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each exit point (considering all specified entry points)									
Exit Point #	Exit Point (X, Y) [m]		Entry Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	99.93	100.09	110.49	102.69	104.60	103.86	6.01	2.44	On extreme X-exit
2	100.57	100.00	110.49	102.69	104.91	103.64	5.66	2.49	
3	101.15	100.00	110.49	102.69	105.17	103.62	5.40	2.57	
4	101.70	100.03	110.49	102.69	105.54	103.20	4.98	2.71	
5	102.26	100.03	110.49	102.69	105.31	104.64	5.53	2.78	
6	102.86	100.01	110.49	102.69	105.72	104.07	4.96	2.78	
7	103.40	100.02	110.49	102.69	105.30	105.71	6.00	2.90	
8	103.98	100.01	110.49	102.69	105.74	104.99	5.28	2.97	
9	104.54	100.02	110.49	102.69	106.18	104.34	4.62	3.25	
10	105.15	100.39	110.49	102.69	106.09	105.57	5.26	3.20	
11	105.74	101.67	109.46	103.00	106.44	105.57	3.96	3.19	

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-exit' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

RESULTS OF TRANSLATIONAL ANALYSIS

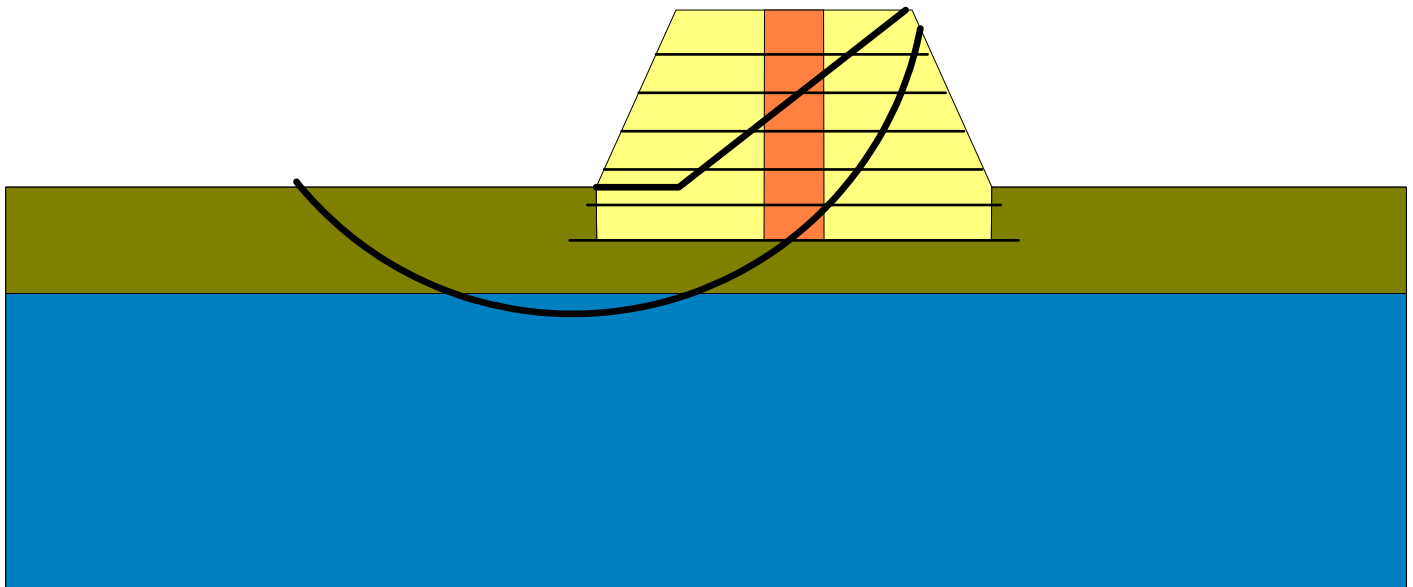


Results in the table below represent critical two-part wedges identified between specified starting (X1) and ending (X2) search points. Wedges along all reinforcement layers and at elevation zero are reported. The critical two-part wedge, one for each predetermined elevation, is defined by Xa, Xb and Xc where Xa is the front end of the passive wedge (slope face), Xb is where the passive wedge ends and the active one starts, and Xc is the X-ordinate at which the active wedge starts.

Critical two-part wedge along each interface:									
Interface	Height Relative to Toe [m]	(Xa, Ya) [m]	(Xb, Yb) [m]	(Xc, Yc) [m]	Fs	STATUS			
At toe elevation	0.00	105.00	100.00	106.40	100.00	110.24	103.00	1.94	OK
Reinf. Layer #1	0.30	105.13	100.30	106.46	100.30	110.04	103.00	2.10	OK
Reinf. Layer #2	0.95	105.43	100.95	106.64	100.95	109.79	103.00	2.42	OK
Reinf. Layer #3	1.60	105.72	101.60	106.82	101.60	109.15	103.00	2.92	OK
Reinf. Layer #4	2.25	106.01	102.25	106.10	102.25	107.35	103.00	3.83	Minimum on Edge

Note: In the 'Status' column, OK means the critical two part-wedge was identified within the specified search domain. 'Minimum on Edge' means the critical result corresponds to a minimum on the edge of the search domain; i.e., either on X1 or X2 or the internally preset limits on Xc.

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



SCALE:



210223 v2 sez390 statica rev1

Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2008, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 210223 v2 sez390 statica rev1
Project Number: -
Client:
Designer: -

Description:

Company's information:

Name:
Street:

Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: C:\Users\GB1\Desktop\Ressa\210223 v2 sez390 statica rev1.MSE
Original date and time of creating this file: Thu Oct 14 21:23:56 2021

PROGRAM MODE: Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)

SOIL DATA

===== Soil Layer #: =====	Unit weight, γ [kN/m ³]	Internal angle of friction, ϕ [deg.]	Cohesion, c [kPa]
....1.....Soil 1.....	19.0	26.6	0.0
....2.....Soli 2.....	20.0	12.1	0.0
....3.....Soil 3.....	17.0	27.4	0.0
....4.....Soil 3.....	19.0	29.3	0.0

REINFORCEMENT

Reinforcement		Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Coverage Ratio, Rc
Type #	Geosynthetic Designated Name					
1	55	55.00	1.20	1.10	1.50	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout ====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
1	55	0.90	0.90	0.90	0.90

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50
Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

WATER

Unit weight of water = 9.81 [kN/m³]
Water pressure is defined by phreatic surface in Effective Stress Analysis.

SEISMICITY

Not Applicable

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - COMPLEX - Quick Input

- Problem geometry is defined along sections selected by user at x,y coordinates.
- X1,Y1 represents the coordinates of soil surface. X2,Y2 represent the coordinates of the end of soil layer 1 and start of soil layer 2, and so on.
- Xw,Yw represents the coordinates of phreatic surface.

GEOMETRY

Soil profile contains 4 layers

WATER GEOMETRY

Phreatic line was specified.

UNIFORM SURCHARGE

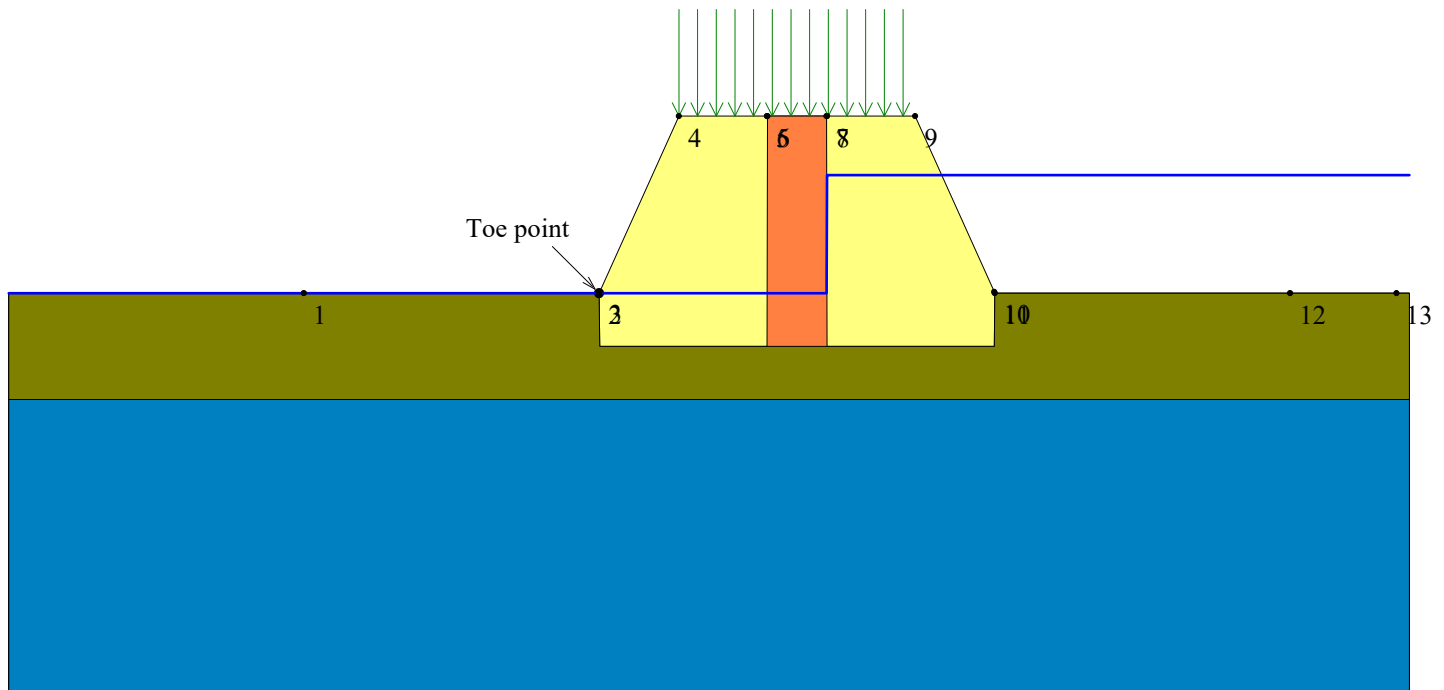
Load Q1 = 15.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 106.35 and ends at X1e = 110.35 [m].

Surcharge load, Q2.....None

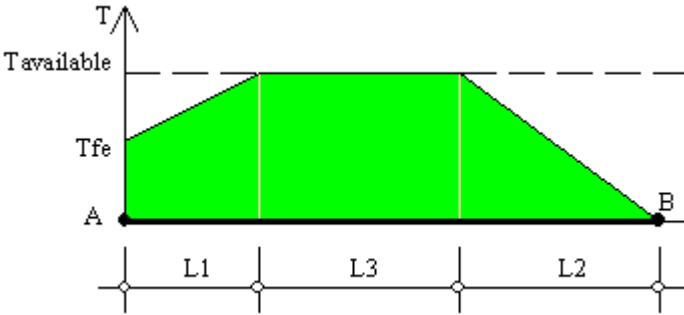
Surcharge load, Q3.....None

STRIP LOAD

.....None.....



DISTRIBUTION OF AVAILABLE STRENGTH ALONG EACH REINFORCEMENT LAYER



A = Front-end of reinforcement (at face of slope)

B = Rear-end of reinforcement

$$AB = L1 + L2 + L3 = \text{Embedded length of reinforcement}$$

T_{available} = Long-term strength of reinforcement

Tfe = Available front-end strength (e.g., connection to facing)

L1 = Front-end 'pullout' length

L2 = Rear-end pullout length

Tavailable prevails along L3

Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, $F_{s-po} = 1.50$

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]
1		55	0.30	6.40	0.00	2.17	4.23	27.78
2		55	0.95	5.80	0.00	2.29	3.51	27.78
3		55	1.60	5.20	0.00	3.00	2.20	27.78
4		55	2.25	4.60	0.00	4.26	0.34	27.78
5		55	-0.30	7.00	0.00	2.16	4.84	27.78
6		55	-0.90	7.60	0.00	2.16	5.44	27.78

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.) The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each entry point (considering all specified exit points)									
Entry Point #	Entry Point (X , Y) [m]		Exit Point (X , Y) [m]		Critical Circle (Xc , Yc , R) [m]			Fs	STATUS
1	105.00	100.00	105.00	100.00	105.00	100.00	0.00	N/A	#10 - Overhanging Cliff
2	107.39	103.00	105.74	101.67	106.01	103.02	1.37	2.95	
3	108.42	103.00	105.74	101.67	106.28	103.95	2.35	2.26	
4	109.46	103.00	105.74	101.67	106.44	105.57	3.96	2.16	
5	110.49	102.69	99.93	100.09	104.60	103.86	6.01	1.98	OK
6	111.53	100.39	99.92	100.10	105.61	104.71	7.32	2.20	
7	112.56	100.00	99.93	100.09	106.28	105.27	8.20	2.53	
8	113.60	100.00	99.97	100.03	106.80	107.55	10.16	3.03	
9	114.63	100.00	99.95	100.02	107.32	114.36	16.11	3.72	
10	115.67	100.00	99.97	100.01	107.83	116.80	18.53	4.51	
11	116.70	100.00	99.99	100.00	108.35	139.28	40.16	5.28	

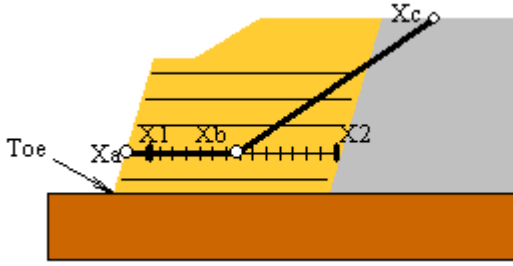
Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-entry' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.) The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each exit point (considering all specified entry points)									
Exit Point #	Exit Point (X, Y) [m]		Entry Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	99.93	100.09	110.49	102.69	104.60	103.86	6.01	1.98	On extreme X-exit
2	100.57	100.00	110.49	102.69	104.91	103.64	5.66	2.00	
3	101.15	100.00	110.49	102.69	105.17	103.62	5.40	2.05	
4	101.70	100.03	110.49	102.69	105.54	103.20	4.98	2.13	
5	102.26	100.03	110.49	102.69	105.31	104.64	5.53	2.08	
6	102.86	100.01	110.49	102.69	105.72	104.07	4.96	2.11	
7	103.40	100.02	110.49	102.69	105.30	105.71	6.00	2.15	
8	103.98	100.01	110.49	102.69	105.74	104.99	5.28	2.16	
9	104.54	100.02	110.49	102.69	106.18	104.34	4.62	2.32	
10	105.15	100.39	110.49	102.69	106.09	105.57	5.26	2.32	
11	105.74	101.67	109.46	103.00	106.44	105.57	3.96	2.16	

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-exit' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

RESULTS OF TRANSLATIONAL ANALYSIS



Results in the table below represent critical two-part wedges identified between specified starting (X1) and ending (X2) search points. Wedges along all reinforcement layers and at elevation zero are reported. The critical two-part wedge, one for each predetermined elevation, is defined by Xa, Xb and Xc where Xa is the front end of the passive wedge (slope face), Xb is where the passive wedge ends and the active one starts, and Xc is the X-ordinate at which the active wedge starts.

Critical two-part wedge along each interface:									
Interface	Height Relative to Toe [m]	(Xa, Ya) [m]	(Xb, Yb) [m]	(Xc, Yc) [m]	Fs	STATUS			
At toe elevation	0.00	105.00	100.00	106.40	100.00	110.36	102.98	1.64	OK
Reinf. Layer #1	0.30	105.13	100.30	106.46	100.30	110.04	103.00	1.80	OK
Reinf. Layer #2	0.95	105.43	100.95	106.64	100.95	109.36	103.00	2.06	OK
Reinf. Layer #3	1.60	105.72	101.60	106.82	101.60	109.06	103.00	2.40	OK
Reinf. Layer #4	2.25	106.01	102.25	106.10	102.25	107.30	103.00	3.09	Minimum on Edge

Note: In the 'Status' column, OK means the critical two part-wedge was identified within the specified search domain. 'Minimum on Edge' means the critical result corresponds to a minimum on the edge of the search domain; i.e., either on X1 or X2 or the internally preset limits on Xc.

210223 v3 sez585 sismica rev1

Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2008, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 210223 v3 sez585 sismica rev1
Project Number: -
Client:
Designer: -

Description:

Company's information:

Name:
Street:

Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: C:\Users\GB1\Desktop\Ressa\210223 v3 sez585 sismica rev1.MSE
Original date and time of creating this file: Thu Oct 14 21:23:56 2021

PROGRAM MODE: Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)

SOIL DATA

===== Soil Layer #: =====	Unit weight, γ [kN/m ³]	Internal angle of friction, ϕ [deg.]	Cohesion, c [kPa]
....1.....Soil 1.....	19.0	32.0	0.0
....2.....Soli 2.....	20.0	15.0	0.0
....3.....Soil 3.....	17.0	32.9	0.0
....4.....Soil 3.....	19.0	35.0	0.0

REINFORCEMENT

Reinforcement		Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Coverage Ratio, Rc
Type #	Geosynthetic Designated Name					
1	55	55.00	1.20	1.10	1.50	1.00
2	80	80.00	1.20	1.10	1.50	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout ====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
1	55	0.90	0.90	0.90	0.90
2	80	0.90	0.90	0.90	0.90

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50
Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

WATER

Unit weight of water = 9.81 [kN/m³]
Water pressure is defined by phreatic surface in Effective Stress Analysis.

SEISMICITY

Horizontal ground acceleration coefficient, Ao = 0.08
Design seismic acceleration, Am = 0.5 x Ao = 0.04

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - COMPLEX - Quick Input

- Problem geometry is defined along sections selected by user at x,y coordinates.
- X1,Y1 represents the coordinates of soil surface. X2,Y2 represent the coordinates of the end of soil layer 1 and start of soil layer 2, and so on.
- Xw,Yw represents the coordinates of phreatic surface.

GEOMETRY

Soil profile contains 4 layers

WATER GEOMETRY

Phreatic line was specified.

UNIFORM SURCHARGE

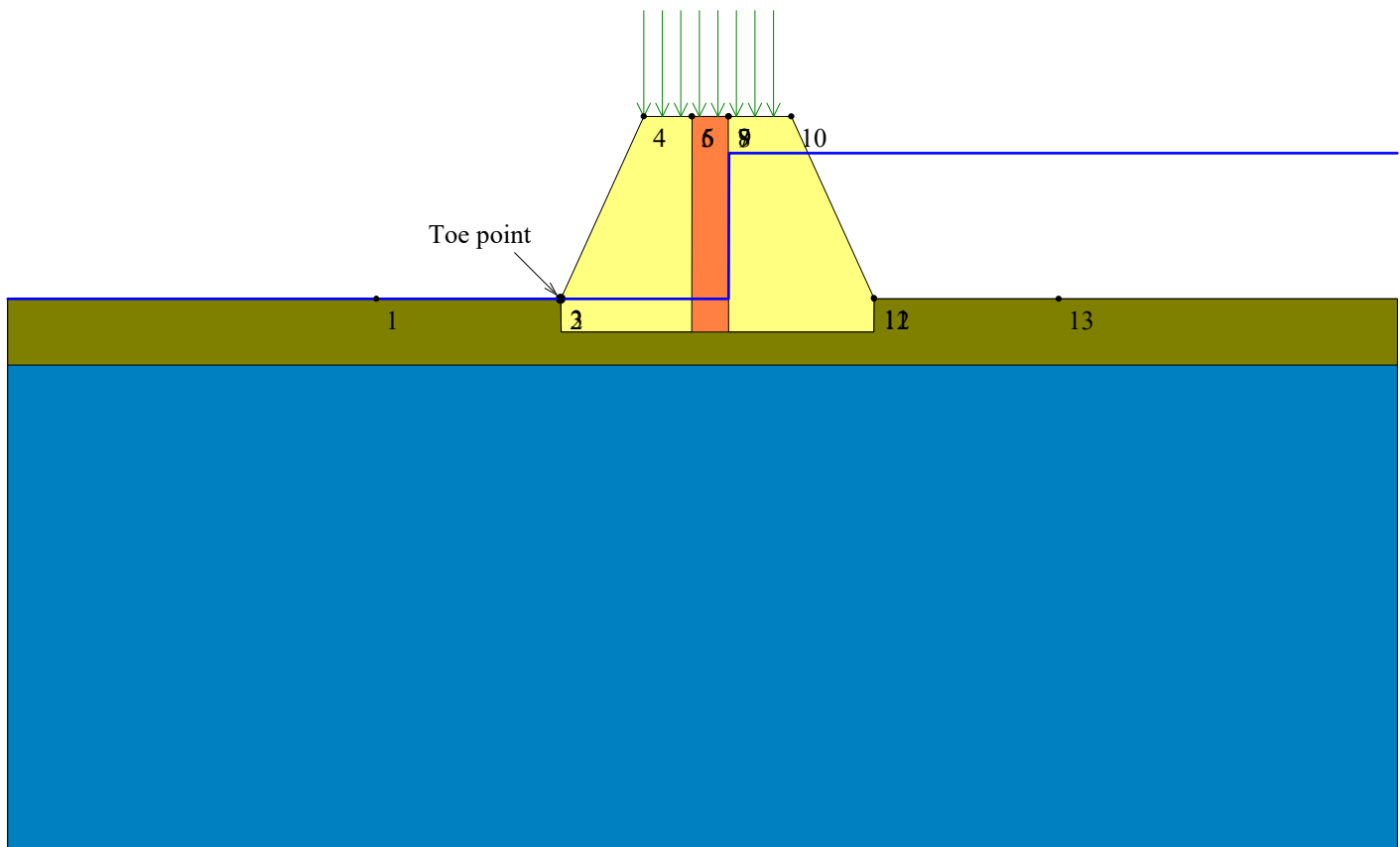
Load Q1 = 10.00 [kPa] inclined from vertical at 0.00 degrees, starts at X1s = 107.25 and ends at X1e = 111.25 [m].

Surcharge load, Q2.....None

Surcharge load, Q3.....None

STRIP LOAD

.....None.....



SCALE:

A horizontal beam of total length 6m is shown. It is divided into three equal segments of 2m each. The segments are shaded in a repeating pattern: the first segment is white, the second is grey, and the third is white. The total length is labeled as 6[m] at the right end.

L1 = Front-end 'pullout' length
L2 = Rear-end pullout length
Tavailable prevails along L3

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]	
1		80	0.30	8.20	0.00	2.32	5.88	40.40	40.40
2		55	0.95	7.60	0.00	1.90	5.70	27.78	27.78
3		55	1.60	7.00	0.00	1.86	5.14	27.78	27.78
4		55	2.25	6.40	0.00	1.86	4.54	27.78	27.78
5		55	2.90	5.80	0.00	1.92	3.88	27.78	27.78
6		55	3.55	5.20	0.00	2.10	3.10	27.78	27.78
7		55	4.20	4.60	0.00	3.53	1.07	27.78	27.78
8		80	-0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 (*)
9		80	-0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 (*)

210223 v3 sez585 sismica rev1
Copyright © 2001-2008 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com Page 4 of 7
License number ReSSA-301106

RESULTS OF ROTATIONAL STABILITY ANALYSIS

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.)
The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each entry point (considering all specified exit points)									
Entry Point #	Entry Point (X, Y) [m]		Exit Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	108.55	104.95	106.63	103.64	107.12	104.99	1.43	5.96	OK
2	109.05	104.95	106.62	103.64	107.18	105.49	1.94	4.45	
3	109.54	104.95	102.62	100.01	104.28	105.00	5.26	3.39	
4	110.04	104.95	103.24	100.03	104.84	104.97	5.19	2.80	
5	110.53	104.95	103.29	100.01	105.10	105.14	5.44	2.43	
6	111.03	104.95	103.31	100.00	105.15	105.62	5.91	2.31	
7	111.52	104.36	99.96	100.04	104.82	104.66	6.70	2.05	
8	112.02	103.27	99.92	100.07	104.91	105.65	7.49	2.09	
9	112.51	102.18	99.96	100.05	105.62	104.72	7.34	2.12	
10	113.01	101.09	99.98	100.03	106.12	105.13	7.99	2.11	
11	113.50	100.00	99.98	100.02	106.75	105.87	8.94	2.15	

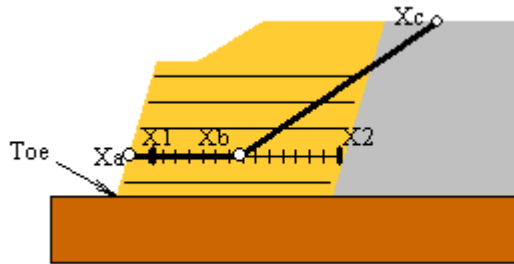
Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-entry' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.)
The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each exit point (considering all specified entry points)									
Exit Point #	Exit Point (X, Y) [m]		Entry Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	99.96	100.04	111.52	104.36	104.82	104.66	6.70	2.05	On extreme X-exit
2	100.58	100.09	111.52	104.36	105.16	104.50	6.36	2.12	
3	101.29	100.02	112.02	103.27	104.98	107.17	8.04	2.25	
4	101.92	100.02	112.51	102.18	104.77	113.07	13.36	2.20	
5	102.56	100.03	112.02	103.27	104.94	108.50	8.80	2.15	
6	103.27	100.01	112.02	103.27	105.39	107.70	7.97	2.18	
7	103.94	100.01	112.02	103.27	106.00	106.56	6.86	2.23	
8	104.57	100.03	111.52	104.36	106.35	104.92	5.20	2.39	
9	105.25	100.72	111.52	104.36	106.56	105.69	5.13	2.72	
10	105.93	102.20	111.52	104.36	107.95	105.30	3.70	4.57	
11	106.63	103.63	111.03	104.95	107.53	108.62	5.07	3.08	

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-exit' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

RESULTS OF TRANSLATIONAL ANALYSIS



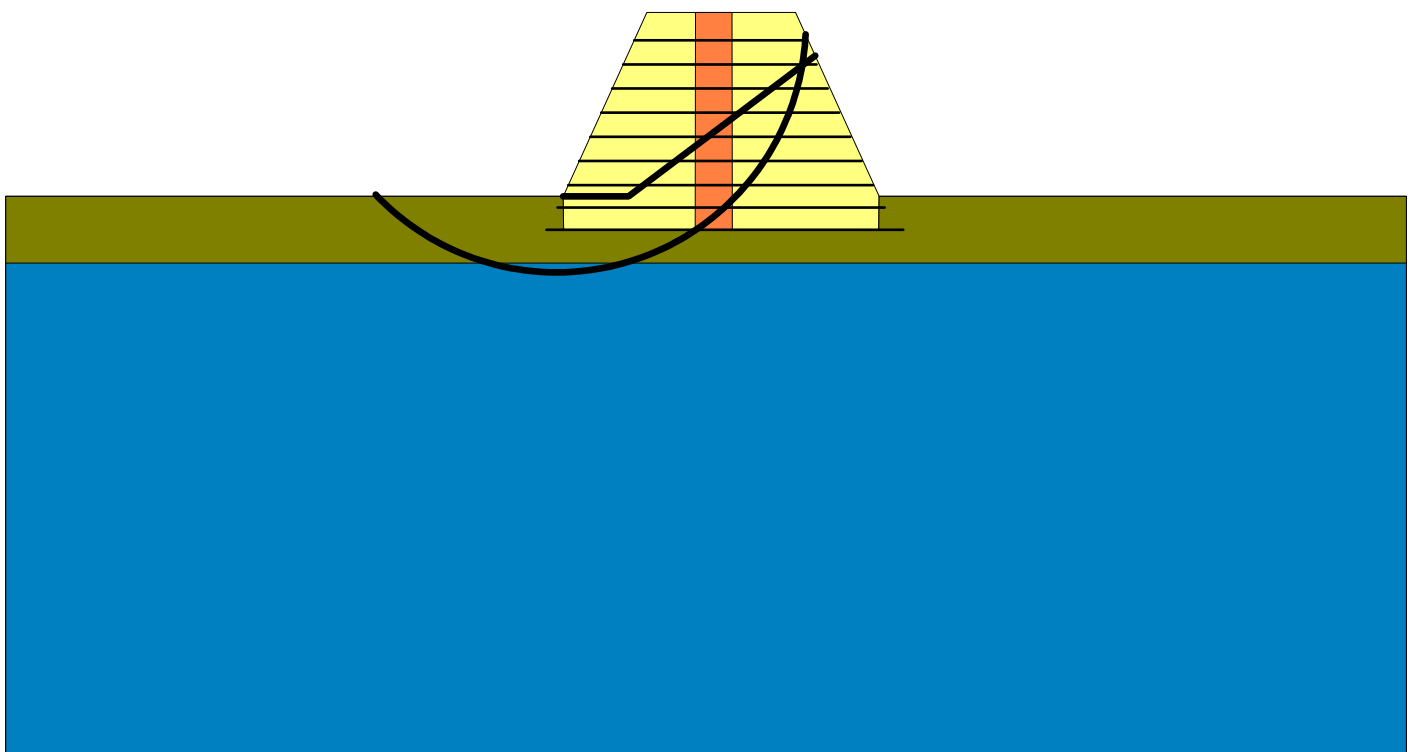
Results in the table below represent critical two-part wedges identified between specified starting (X1) and ending (X2) search points. Wedges along all reinforcement layers and at elevation zero are reported. The critical two-part wedge, one for each predetermined elevation, is defined by Xa, Xb and Xc where Xa is the front end of the passive wedge (slope face), Xb is where the passive wedge ends and the active one starts, and Xc is the X-ordinate at which the active wedge starts.

Critical two-part wedge along each interface:

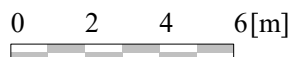
Interface	Height Relative to Toe [m]	(Xa, Ya) [m]	(Xb, Yb) [m]	(Xc, Yc) [m]	Fs	STATUS			
At toe elevation	0.00	105.00	100.00	106.76	100.00	111.78	103.78	1.62	OK
Reinf. Layer #1	0.30	105.14	100.30	106.82	100.30	111.60	104.17	1.70	OK
Reinf. Layer #2	0.95	105.43	100.95	107.00	100.95	111.68	103.99	1.76	OK
Reinf. Layer #3	1.60	105.73	101.60	107.18	101.60	111.35	104.74	1.92	OK
Reinf. Layer #4	2.25	106.02	102.25	107.36	102.25	111.21	104.95	2.12	OK
Reinf. Layer #5	2.90	106.32	102.90	107.54	102.90	110.26	104.95	2.42	OK
Reinf. Layer #6	3.55	106.61	103.55	107.72	103.55	109.96	104.95	2.88	OK
Reinf. Layer #7	4.20	106.91	104.20	107.00	104.20	108.25	104.95	3.82	Minimum on Edge

Note: In the 'Status' column, OK means the critical two part-wedge was identified within the specified search domain. 'Minimum on Edge' means the critical result corresponds to a minimum on the edge of the search domain; i.e., either on X1 or X2 or the internally preset limits on Xc.

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



SCALE:



210223 v4 sez585 statica rev1

Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2008, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 210223 v4 sez585 statica rev1
Project Number: -
Client:
Designer: -

Description:

Company's information:

Name:
Street:

Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: C:\Users\G 1\Desktop\Ressa\210223 v4 sez585 statica rev1.MSE
Original date and time of creating this file: Thu Oct 14 21:23:56 2021

PROGRAM MODE: Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)

SOIL DATA

===== Soil Layer #: =====	Unit weight, γ [kN/m ³]	Internal angle of friction, ϕ [deg.]	Cohesion, c [kPa]
....1.....Soil 1.....	19.0	26.6	0.0
....2.....Soli 2.....	20.0	12.1	0.0
....3.....Soil 3.....	17.0	27.4	0.0
....4.....Soil 3.....	19.0	29.3	0.0

REINFORCEMENT

Reinforcement		Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Coverage Ratio, Rc
Type #	Geosynthetic Designated Name					
1	55	55.00	1.20	1.10	1.50	1.00
2	80	80.00	1.20	1.10	1.50	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout ====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
1	55	0.90	0.90	0.90	0.90
2	80	0.90	0.90	0.90	0.90

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50
Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

WATER

Unit weight of water = 9.81 [kN/m³]
Water pressure is defined by phreatic surface in Effective Stress Analysis.

SEISMICITY

Not Applicable

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - COMPLEX - Quick Input

- Problem geometry is defined along sections selected by user at x,y coordinates.
- X1,Y1 represents the coordinates of soil surface. X2,Y2 represent the coordinates of the end of soil layer 1 and start of soil layer 2, and so on.
- Xw,Yw represents the coordinates of phreatic surface.

GEOMETRY

Soil profile contains 4 layers

WATER GEOMETRY

Phreatic line was specified.

UNIFORM SURCHARGE

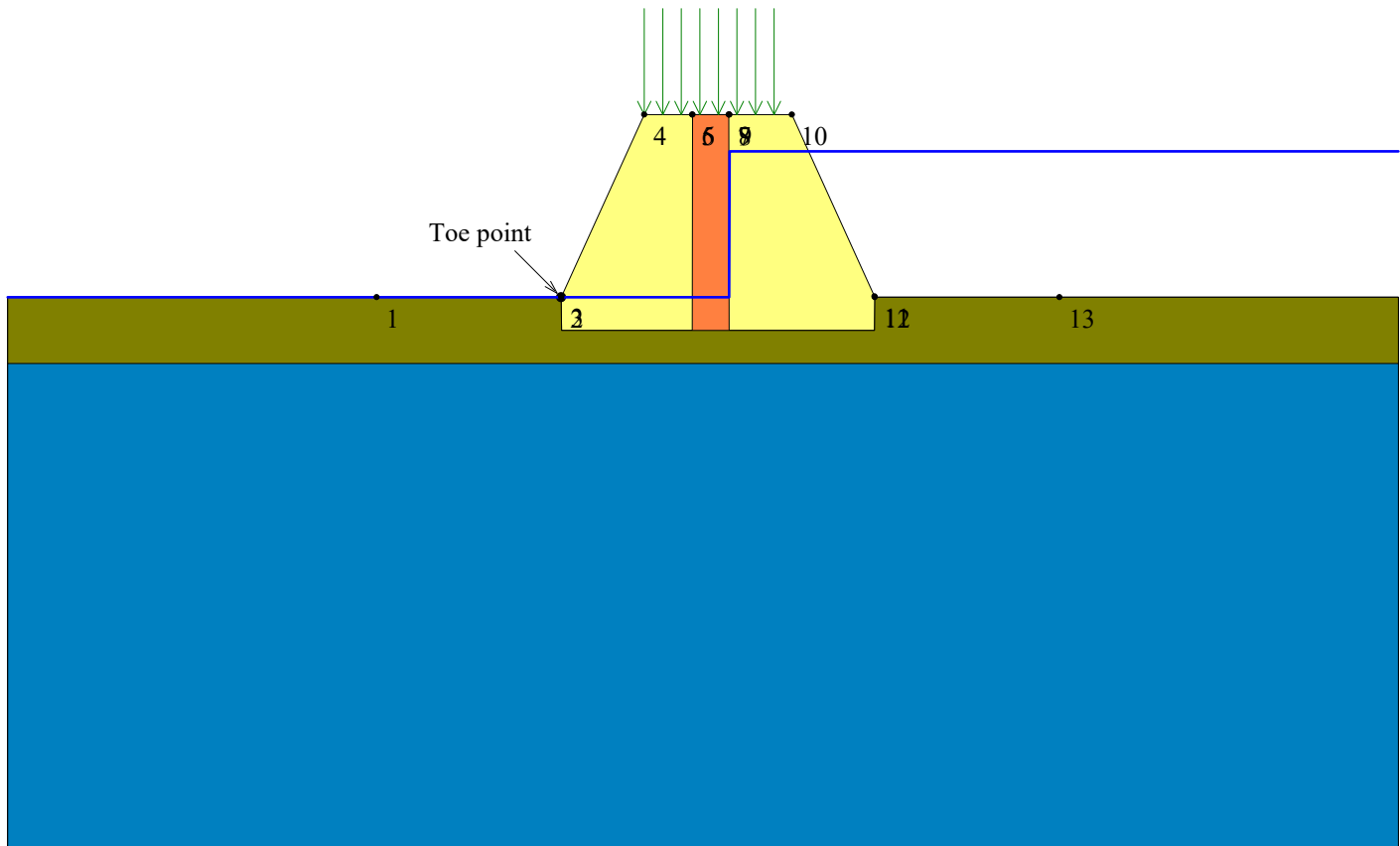
Load Q1 = 15.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 107.25 and ends at X1e = 111.25 [m].

Surcharge load, Q2.....None

Surcharge load, Q3.....None

STRIP LOAD

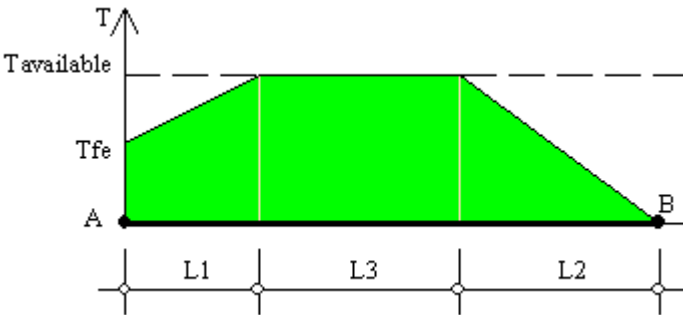
.....None.....



SCALE:

0 2 4 6[m]

DISTRIBUTION OF AVAILABLE STRENGTH ALONG EACH REINFORCEMENT LAYER



A = Front-end of reinforcement (at face of slope)
 B = Rear-end of reinforcement
 AB = L1 + L2 + L3 = Embedded length of reinforcement

T_{available} = Long-term strength of reinforcement
T_{fe} = Available front-end strength (e.g., connection to facing)

L1 = Front-end 'pullout' length
L2 = Rear-end pullout length
Tavailable prevails along L3

Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, $F_{s-po} = 1.50$

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]	
1		80	0.30	8.20	0.00	2.61	5.59	40.40	40.40
2		55	0.95	7.60	0.00	2.12	5.48	27.78	27.78
3		55	1.60	7.00	0.00	2.11	4.89	27.78	27.78
4		55	2.25	6.40	0.00	2.15	4.25	27.78	27.78
5		55	2.90	5.80	0.00	2.28	3.52	27.78	27.78
6		55	3.55	5.20	0.00	2.79	2.41	27.78	27.78
7		55	4.20	4.60	0.00	4.25	0.35	27.78	27.78
8		80	-0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 (*)
9		80	-0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 (*)

(*) This Tavailable is dictated by the pullout resistance capacity, which is smaller than the long-term strength of the reinforcement that is related to its specified ultimate strength

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.) The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each entry point (considering all specified exit points)									
Entry Point #	Entry Point (X, Y) [m]		Exit Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc , Yc , R) [m]			Fs	STATUS
1	108.55	104.95	106.63	103.61	107.03	105.08	1.52	2.66	OK
2	109.05	104.95	106.62	103.61	107.10	105.61	2.05	2.24	
3	109.54	104.95	106.62	103.61	107.16	106.29	2.73	2.03	
4	110.04	104.95	106.61	103.61	107.25	107.04	3.49	2.08	
5	110.53	104.95	103.28	100.01	105.09	105.15	5.44	1.87	
6	111.03	104.95	103.30	100.01	105.15	105.63	5.92	1.78	
7	111.52	104.36	99.96	100.04	104.82	104.66	6.70	1.68	
8	112.02	103.27	99.92	100.07	104.91	105.65	7.49	1.75	
9	112.51	102.18	99.96	100.05	105.62	104.72	7.34	1.80	
10	113.01	101.09	99.98	100.03	106.12	105.13	7.99	1.82	
11	113.50	100.00	99.90	100.12	106.75	105.66	8.81	1.91	

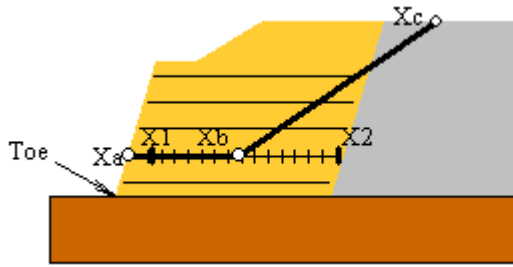
Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-entry' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.) The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each exit point (considering all specified entry points)									
Exit Point #	Exit Point (X, Y) [m]		Entry Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	99.96	100.04	111.52	104.36	104.82	104.66	6.70	1.68	On extreme X-exit
2	100.58	100.09	111.52	104.36	105.16	104.50	6.36	1.73	
3	101.23	100.06	111.52	104.36	104.73	106.14	7.02	1.85	
4	101.90	100.03	111.52	104.36	104.21	107.74	8.06	1.82	
5	102.61	100.01	111.52	104.36	104.68	107.07	7.36	1.78	
6	103.29	100.01	111.52	104.36	105.24	106.28	6.57	1.73	
7	103.95	100.01	111.52	104.36	105.79	105.57	5.85	1.76	
8	104.56	100.03	111.52	104.36	106.34	104.92	5.21	1.89	
9	105.27	100.70	111.52	104.36	106.68	105.46	4.96	2.09	
10	105.92	102.18	111.52	104.36	107.78	105.69	3.97	3.35	
11	106.62	103.61	109.54	104.95	107.16	106.29	2.73	2.03	

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-exit' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

RESULTS OF TRANSLATIONAL ANALYSIS



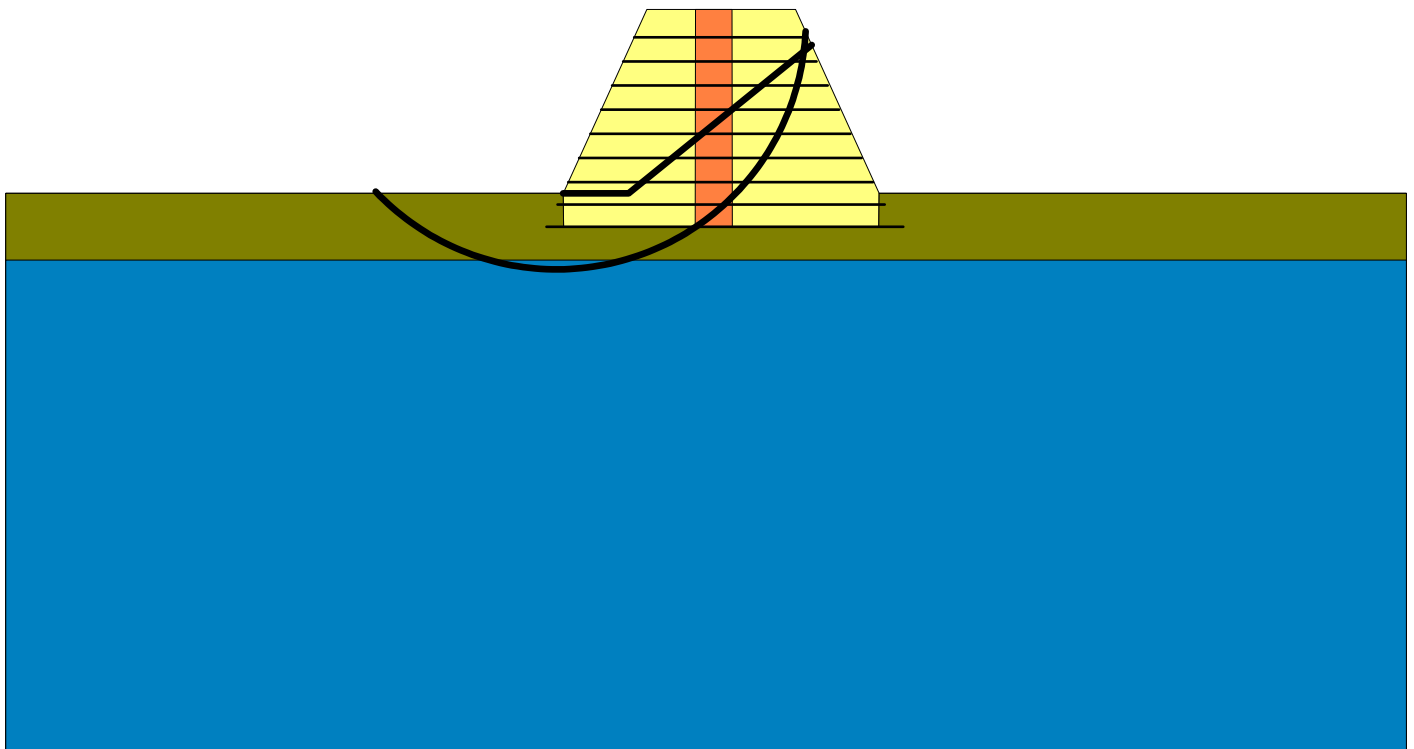
Results in the table below represent critical two-part wedges identified between specified starting (X1) and ending (X2) search points. Wedges along all reinforcement layers and at elevation zero are reported. The critical two-part wedge, one for each predetermined elevation, is defined by Xa, Xb and Xc where Xa is the front end of the passive wedge (slope face), Xb is where the passive wedge ends and the active one starts, and Xc is the X-ordinate at which the active wedge starts.

Critical two-part wedge along each interface:

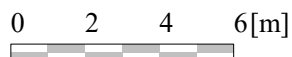
Interface	Height Relative to Toe [m]	(Xa, Ya) [m]	(Xb, Yb) [m]	(Xc, Yc) [m]	Fs	STATUS			
At toe elevation	0.00	105.00	100.00	106.76	100.00	111.69	103.99	1.45	OK
Reinf. Layer #1	0.30	105.14	100.30	106.82	100.30	111.32	104.80	1.51	OK
Reinf. Layer #2	0.95	105.43	100.95	107.00	100.95	111.14	104.95	1.55	OK
Reinf. Layer #3	1.60	105.73	101.60	107.18	101.60	111.35	104.74	1.65	OK
Reinf. Layer #4	2.25	106.02	102.25	107.36	102.25	111.21	104.95	1.82	OK
Reinf. Layer #5	2.90	106.32	102.90	107.54	102.90	110.26	104.95	2.05	OK
Reinf. Layer #6	3.55	106.61	103.55	107.72	103.55	109.87	104.95	2.36	OK
Reinf. Layer #7	4.20	106.91	104.20	107.90	104.20	109.15	104.95	3.02	OK

Note: In the 'Status' column, OK means the critical two part-wedge was identified within the specified search domain. 'Minimum on Edge' means the critical result corresponds to a minimum on the edge of the search domain; i.e., either on X1 or X2 or the internally preset limits on Xc.

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



SCALE:



210223 v5 sez845 sismica rev1.MSE

Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2008, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 210223 v5 sez845 sismica rev1.MSE
Project Number: -
Client:
Designer: -

Description:

Company's information:

Name:
Street:

Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: C:\Users\GB1\Desktop\Ressa\210223 v5 sez845 sismica rev1.MSE
Original date and time of creating this file: Thu Oct 14 21:23:56 2021

PROGRAM MODE: Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)

SOIL DATA

===== Soil Layer #: =====	Unit weight, γ [kN/m ³]	Internal angle of friction, ϕ [deg.]	Cohesion, c [kPa]
....1.....Soil 1.....	19.0	32.0	0.0
....2.....Soli 2.....	17.0	32.9	0.0
....3.....Soil 3.....	19.0	35.0	0.0

REINFORCEMENT

Reinforcement		Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFC	Coverage Ratio, Rc
Type #	Geosynthetic Designated Name					
1	55	55.00	1.20	1.10	1.50	1.00
2	80	80.00	1.20	1.10	1.50	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout ====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
1	55	0.90	0.90	0.90	0.90
2	80	0.90	0.90	0.90	0.90

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50
Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

WATER

Unit weight of water = 9.81 [kN/m³]
Water pressure is defined by phreatic surface in Effective Stress Analysis.

SEISMICITY

Horizontal ground acceleration coefficient, Ao = 0.08
Design seismic acceleration, Am = 0.5 x Ao = 0.04

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - COMPLEX - Quick Input

- Problem geometry is defined along sections selected by user at x,y coordinates.
- X1,Y1 represents the coordinates of soil surface. X2,Y2 represent the coordinates of the end of soil layer 1 and start of soil layer 2, and so on.
- Xw,Yw represents the coordinates of phreatic surface.

GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers

WATER GEOMETRY

Phreatic line was specified.

UNIFORM SURCHARGE

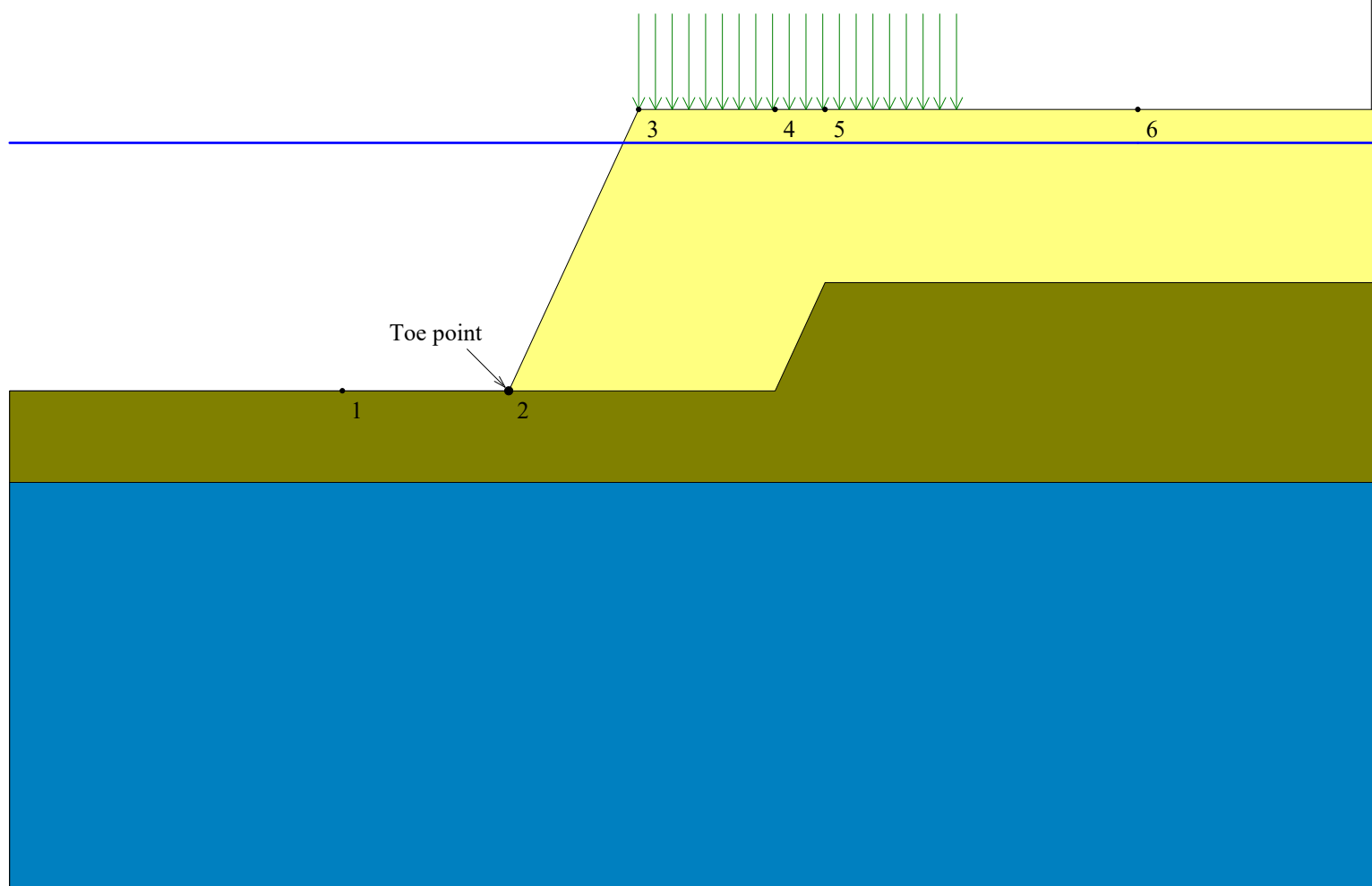
Load Q1 = 10.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 108.90 and ends at X1e = 118.90 [m].

Surcharge load, Q2.....None

Surcharge load, Q3.....None

STRIP LOAD

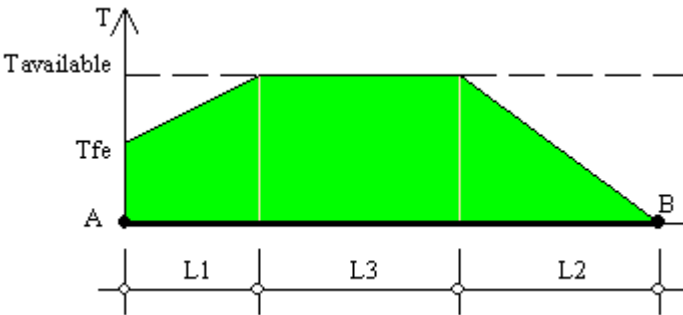
.....None.....



SCALE:

0 2 4 6[m]

DISTRIBUTION OF AVAILABLE STRENGTH ALONG EACH REINFORCEMENT LAYER



A = Front-end of reinforcement (at face of slope)
B = Rear-end of reinforcement
AB = L1 + L2 + L3 = Embedded length of reinforcement

Tavailable = Long-term strength of reinforcement
Tfe = Available front-end strength (e.g., connection to facing)

L1 = Front-end 'pullout' length
L2 = Rear-end pullout length
Tavailable prevails along L3

Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, $F_{s-po} = 1.50$

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]
1		80	0.00	8.00	0.00	0.69	7.31	40.40
2		80	0.65	8.00	0.00	0.74	7.26	40.40
3		80	1.30	8.00	0.00	0.80	7.20	40.40
4		80	1.95	8.00	0.00	0.87	7.13	40.40
5		80	2.60	8.00	0.00	0.95	7.05	40.40
6		80	3.25	8.00	0.00	1.04	6.96	40.40
7		80	3.90	8.00	0.00	1.16	6.84	40.40
8		55	4.55	8.00	0.00	0.91	7.09	27.78
9		55	5.20	8.00	0.00	1.04	6.96	27.78
10		55	5.85	8.00	0.00	1.23	6.77	27.78
11		55	6.50	8.00	0.00	1.49	6.51	27.78
12		55	7.15	8.00	0.00	1.90	6.10	27.78
13		55	7.80	8.00	0.00	3.34	4.66	27.78

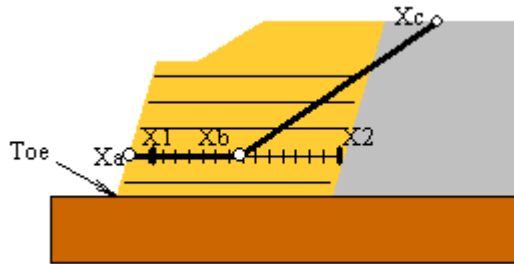
Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.) The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-entry' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.) The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-exit' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

RESULTS OF TRANSLATIONAL ANALYSIS



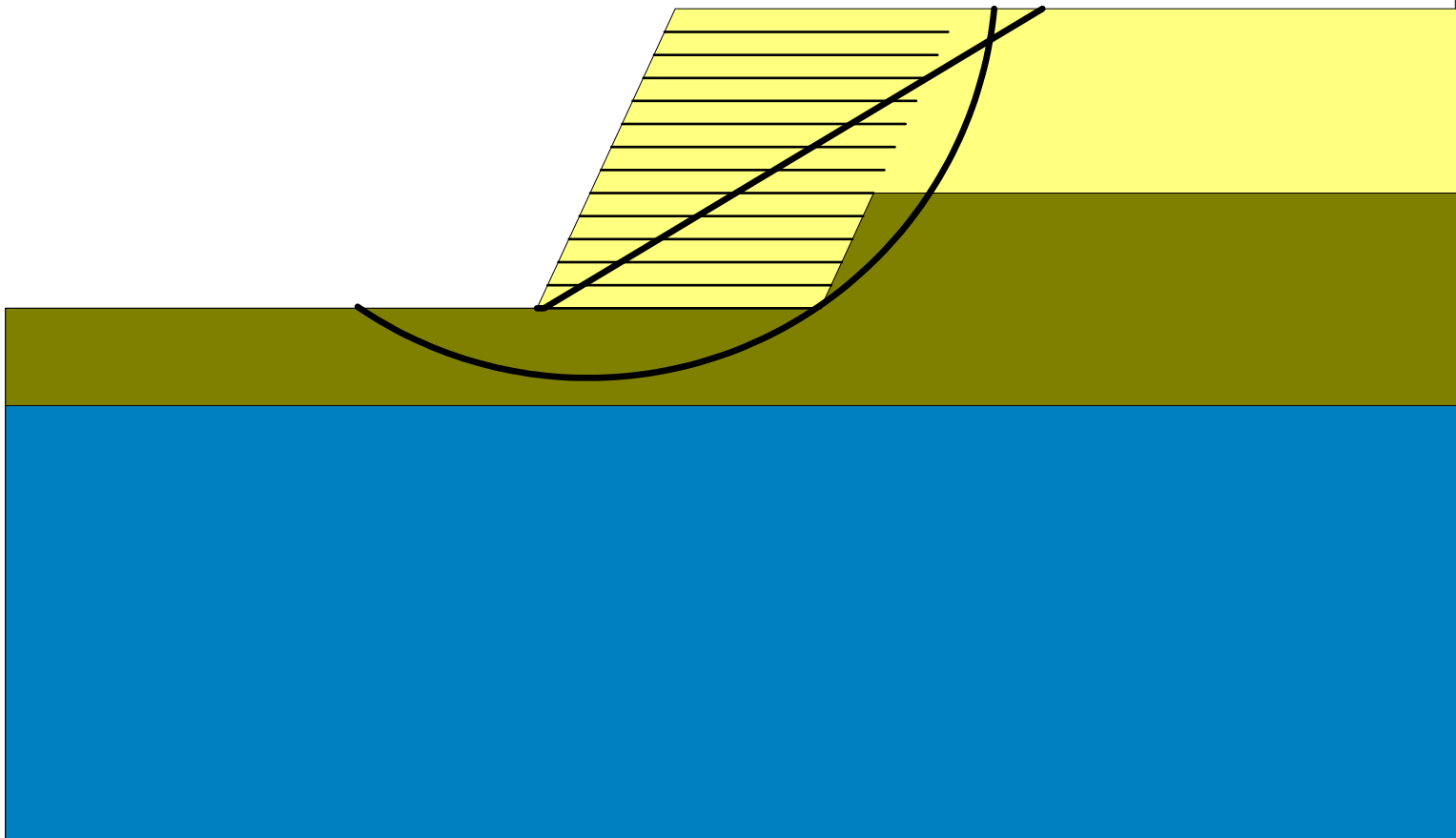
Results in the table below represent critical two-part wedges identified between specified starting (X1) and ending (X2) search points. Wedges along all reinforcement layers and at elevation zero are reported. The critical two-part wedge, one for each predetermined elevation, is defined by Xa, Xb and Xc where Xa is the front end of the passive wedge (slope face), Xb is where the passive wedge ends and the active one starts, and Xc is the X-ordinate at which the active wedge starts.

Critical two-part wedge along each interface:

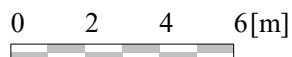
Interface	Height Relative to Toe [m]	(Xa, Ya) [m]	(Xb, Yb) [m]	(Xc, Yc) [m]	Fs	STATUS			
At toe elevation	0.00	105.00	100.00	105.20	100.00	119.26	108.45	1.73	Minimum on Edge
Reinf. Layer #1	0.00	105.00	100.00	105.10	100.00	119.74	108.45	1.81	Minimum on Edge
Reinf. Layer #2	0.65	105.30	100.65	113.29	100.65	124.03	108.45	1.88	Minimum on Edge
Reinf. Layer #3	1.30	105.60	101.30	113.59	101.30	123.08	108.45	1.94	Minimum on Edge
Reinf. Layer #4	1.95	105.90	101.95	113.89	101.95	122.21	108.45	2.02	Minimum on Edge
Reinf. Layer #5	2.60	106.20	102.60	114.19	102.60	121.41	108.45	2.12	Minimum on Edge
Reinf. Layer #6	3.25	106.50	103.25	114.49	103.25	120.69	108.45	2.22	Minimum on Edge
Reinf. Layer #7	3.90	106.80	103.90	114.79	103.90	119.84	108.45	2.38	Minimum on Edge
Reinf. Layer #8	4.55	107.10	104.55	108.78	104.55	115.53	108.45	2.41	OK
Reinf. Layer #9	5.20	107.40	105.20	109.08	105.20	113.24	108.45	2.55	OK
Reinf. Layer #10	5.85	107.70	105.85	109.38	105.85	112.71	108.45	2.79	OK
Reinf. Layer #11	6.50	108.00	106.50	109.68	106.50	112.09	108.45	3.14	OK
Reinf. Layer #12	7.15	108.30	107.15	108.40	107.15	110.65	108.45	3.62	Minimum on Edge
Reinf. Layer #13	7.80	108.60	107.80	108.70	107.80	109.78	108.45	4.36	Minimum on Edge

Note: In the 'Status' column, OK means the critical two part-wedge was identified within the specified search domain. 'Minimum on Edge' means the critical result corresponds to a minimum on the edge of the search domain; i.e., either on X1 or X2 or the internally preset limits on Xc.

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



SCALE:



210223 v6 sez845 statica rev1.MSE

Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2008, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 210223 v6 sez845 statica rev1.MSE
Project Number: -
Client:
Designer: -

Description:

Company's information:

Name:
Street:

Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: C:\Users\GB1\Desktop\Ressa\210223 v6 sez845 statica rev1.MSE
Original date and time of creating this file: Thu Oct 14 21:23:56 2021

PROGRAM MODE: Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)

SOIL DATA

===== Soil Layer #: =====	Unit weight, γ [kN/m ³]	Internal angle of friction, ϕ [deg.]	Cohesion, c [kPa]
....1.....Soil 1.....	19.0	26.6	0.0
....2.....Soli 2.....	17.0	27.4	0.0
....3.....Soil 3.....	19.0	29.3	0.0

REINFORCEMENT

Reinforcement		Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFC	Coverage Ratio, Rc
Type #	Geosynthetic Designated Name					
1	55	55.00	1.20	1.10	1.50	1.00
2	80	80.00	1.20	1.10	1.50	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout ====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
1	55	0.90	0.90	0.90	0.90
2	80	0.90	0.90	0.90	0.90

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50
Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

WATER

Unit weight of water = 9.81 [kN/m³]
Water pressure is defined by phreatic surface in Effective Stress Analysis.

SEISMICITY

Not Applicable

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - COMPLEX - Quick Input

- Problem geometry is defined along sections selected by user at x,y coordinates.
- X1,Y1 represents the coordinates of soil surface. X2,Y2 represent the coordinates of the end of soil layer 1 and start of soil layer 2, and so on.
- Xw,Yw represents the coordinates of phreatic surface.

GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers

WATER GEOMETRY

Phreatic line was specified.

UNIFORM SURCHARGE

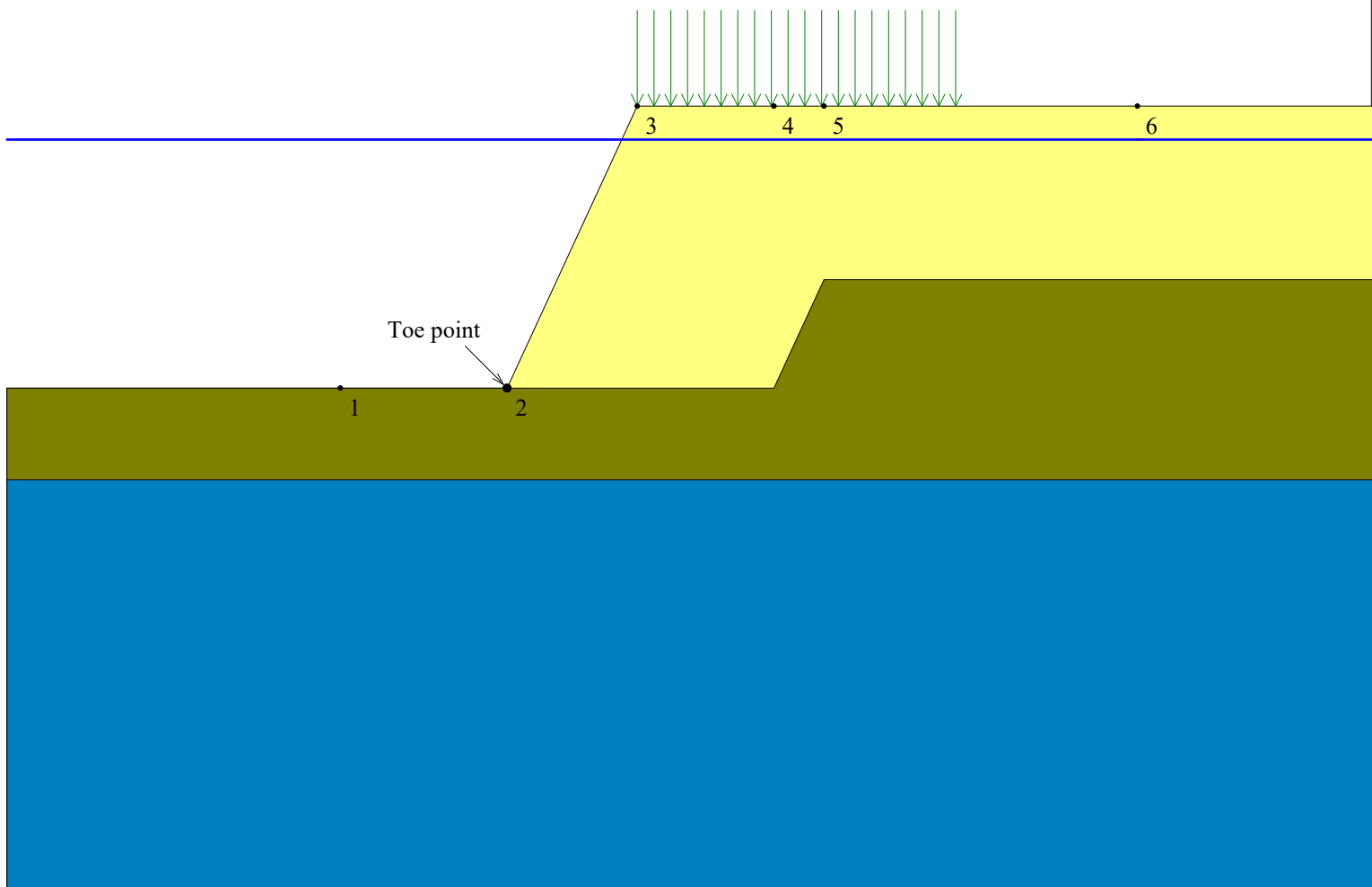
Load Q1 = 15.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 108.90 and ends at X1e = 118.90 [m].

Surcharge load, Q2.....None

Surcharge load, Q3.....None

STRIP LOAD

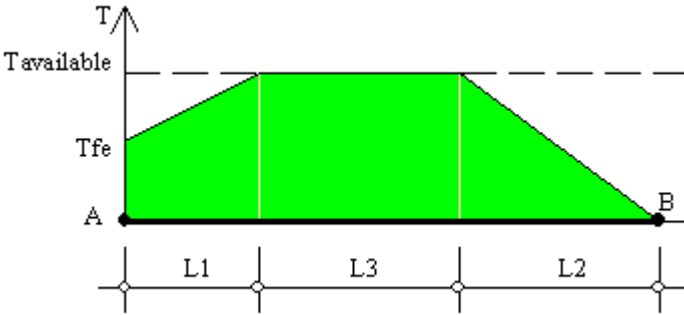
.....None.....



SCALE:

0 2 4 6[m]

DISTRIBUTION OF AVAILABLE STRENGTH ALONG EACH REINFORCEMENT LAYER



A = Front-end of reinforcement (at face of slope)

B = Rear-end of reinforcement

$$AB = L1 + L2 + L3 = \text{Embedded length of reinforcement}$$

T_{available} = Long-term strength of reinforcement

Tfe = Available front-end strength (e.g., connection to facing)

L1 = Front-end 'pullout' length

L2 = Rear-end pullout length

Tavailable prevails along L3

Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, $F_{s-po} = 1.50$

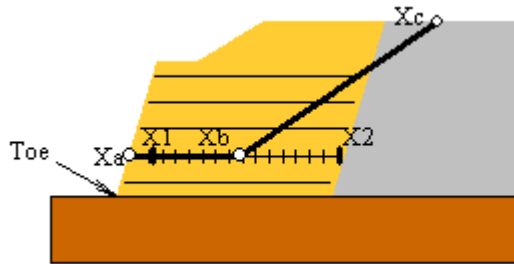
Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]	
1		80	0.00	8.00	0.00	0.86	7.14	40.40	40.40
2		80	0.65	8.00	0.00	0.92	7.08	40.40	40.40
3		80	1.30	8.00	0.00	0.99	7.01	40.40	40.40
4		80	1.95	8.00	0.00	1.08	6.92	40.40	40.40
5		80	2.60	8.00	0.00	1.18	6.82	40.40	40.40
6		80	3.25	8.00	0.00	1.30	6.70	40.40	40.40
7		80	3.90	8.00	0.00	1.45	6.55	40.40	40.40
8		55	4.55	8.00	0.00	1.13	6.87	27.78	27.78
9		55	5.20	8.00	0.00	1.30	6.70	27.78	27.78
10		55	5.85	8.00	0.00	1.53	6.47	27.78	27.78
11		55	6.50	8.00	0.00	1.86	6.14	27.78	27.78
12		55	7.15	8.00	0.00	2.37	5.63	27.78	27.78
13		55	7.80	8.00	0.00	4.16	3.84	27.78	27.78

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.) The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-entry' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-exit' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

RESULTS OF TRANSLATIONAL ANALYSIS



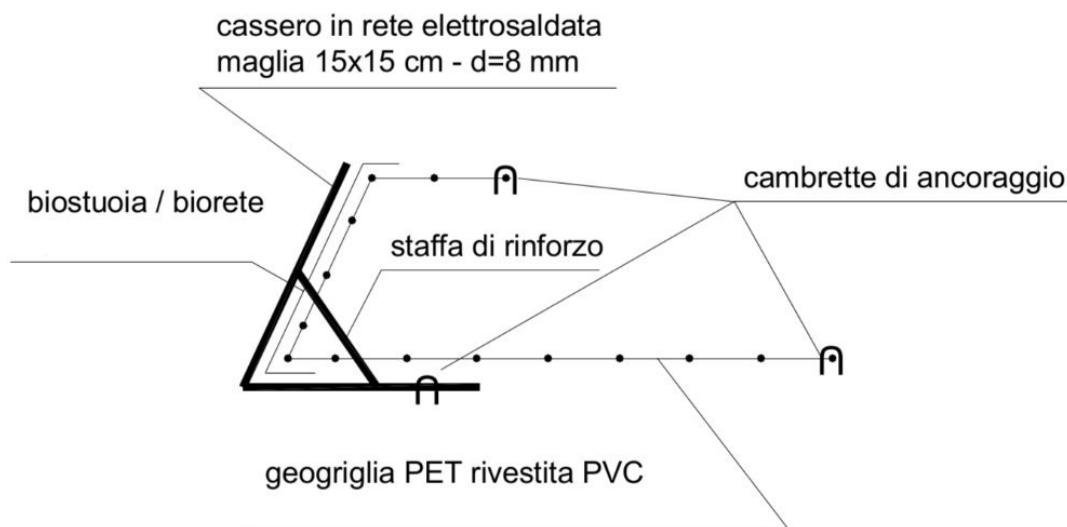
Results in the table below represent critical two-part wedges identified between specified starting (X1) and ending (X2) search points. Wedges along all reinforcement layers and at elevation zero are reported. The critical two-part wedge, one for each predetermined elevation, is defined by Xa, Xb and Xc where Xa is the front end of the passive wedge (slope face), Xb is where the passive wedge ends and the active one starts, and Xc is the X-ordinate at which the active wedge starts.

Critical two-part wedge along each interface:

Interface	Height Relative to Toe [m]	(Xa, Ya) [m]	(Xb, Yb) [m]	(Xc, Yc) [m]	Fs	STATUS			
At toe elevation	0.00	105.00	100.00	105.20	100.00	119.26	108.45	1.62	Minimum on Edge
Reinf. Layer #1	0.00	105.00	100.00	105.10	100.00	119.74	108.45	1.71	Minimum on Edge
Reinf. Layer #2	0.65	105.30	100.65	105.40	100.65	118.91	108.45	1.78	Minimum on Edge
Reinf. Layer #3	1.30	105.60	101.30	105.70	101.30	118.08	108.45	1.87	Minimum on Edge
Reinf. Layer #4	1.95	105.90	101.95	109.16	101.95	119.97	108.45	1.94	OK
Reinf. Layer #5	2.60	106.20	102.60	109.46	102.60	119.19	108.45	2.01	OK
Reinf. Layer #6	3.25	106.50	103.25	109.76	103.25	118.76	108.45	2.10	OK
Reinf. Layer #7	3.90	106.80	103.90	108.48	103.90	116.36	108.45	2.17	OK
Reinf. Layer #8	4.55	107.10	104.55	108.78	104.55	114.56	108.45	2.16	OK
Reinf. Layer #9	5.20	107.40	105.20	109.08	105.20	113.55	108.45	2.28	OK
Reinf. Layer #10	5.85	107.70	105.85	109.38	105.85	112.48	108.45	2.48	OK
Reinf. Layer #11	6.50	108.00	106.50	109.68	106.50	112.00	108.45	2.76	OK
Reinf. Layer #12	7.15	108.30	107.15	108.40	107.15	110.33	108.45	3.02	Minimum on Edge
Reinf. Layer #13	7.80	108.60	107.80	108.70	107.80	109.70	108.45	3.48	Minimum on Edge

Note: In the 'Status' column, OK means the critical two part-wedge was identified within the specified search domain. 'Minimum on Edge' means the critical result corresponds to a minimum on the edge of the search domain; i.e., either on X1 or X2 or the internally preset limits on Xc.

ISTRUZIONI DI POSA TERRE RINFORZATE



La posa in opera delle terre rinforzate è prevista in 8 fasi delle quali le ultime 7 sono ripetibili ciclicamente.

1 PREPARAZIONE DELLO SCAVO DI SBANCAMENTO

Lo scavo di sbancamento va preparato in funzione dei valori di lunghezza di ancoraggio e di inclinazione indicati nel prospetto frontale e nelle sezioni tipo: il terreno di fondazione deve essere stabile e compatto.

E' buona norma immorsare per almeno 30 cm il primo cassero nel terreno di sottofondo o realizzare un saccone di fondazione in terreno granulare eventualmente rinforzato con geotessile tessuto; il fronte di scavo dovrà essere in grado di sopportare a breve termine le pendenze che si verranno a creare in corso d'opera.

2 POSA DEGLI ELEMENTI DI DRENAGGIO

Se sono previsti drenaggi a tergo dell'opera, essi vanno posizionati al termine della fase 1.

I tubi drenanti dovranno essere posati alla base del fronte di scavo e parallelamente al fronte dell'opera con una adeguata pendenza verso il lato dove verranno alloggiati i pozzetti di scarico; se è previsto lo scarico a valle della terra rinforzata, ad intervalli regolari dovranno piegare verso il fronte mantenendo la pendenza prevista; i tubi dovranno essere protetti dall'intasamento con un geotessile tessuto (sono esclusi i nontessuti) oppure immorsati in un letto di sabbia grossolana o ghiaietto fine.

I geocompositi drenanti dovranno essere posati sul fronte di scavo, assicurandoli ad esso con picchetti temporanei o locali accumuli di terra; alla base del fronte di scavo potranno avvolgere il tubo drenante assolvendo in tal modo anche la funzione di filtro; se previsto, dovrà essere assicurata la continuità idraulica con il saccone drenante.

3 POSA DEL CASSERO

Il cassero ha la funzione di sorreggere il terreno di riempimento durante la fase di compattazione: può essere in tondino di ferro (a perdere) oppure composto da tubi tipo "Innocenti" e tavole di legno (a

recuperare); il cassero a perdere è il più comune ed è composto da una rete metallica in tondino di ferro da 8 - 10 mm di diametro con maglie di 15 x 15 cm, sagomata con l'inclinazione prevista dal progetto.

L'altezza del cassero è funzione dell'inclinazione prevista: il cassero va fissato al terreno mediante picchetti di lunghezza utile non inferiore a 25 cm nella misura non inferiore ad 2 picchetti/cassero.

E' opportuno infilare sulle punte del cassero che sporgono in sommità un tubo in pvc, in gomma o in metallo per evitare che i ferri stessi possano infilarsi nelle maglie dei geosintetici durante le operazioni di risvolto della geogriglia.

4 POSA DELLA BIOSTUOIA

Sul paramento di facciata dell'opera, tra il cassero (esterno) e la geogriglia (interna) deve essere posizionata una geostuoia sintetica o una biostuoia in juta, cocco, paglia o fibre miste, con la funzione di trattenere il terreno fine e fornire all'idrosemina un supporto su cui germogliare: la biostuoia deve essere ripiegata per almeno 10 cm sia allo base che alla sommità dello strato; anche i teli contigui devono sormontarsi per almeno 10 cm.

5 POSA DELLA GEOGRIGLIA

La geogriglia è il vero elemento di rinforzo: il suo dimensionamento è finalizzato a calcolare la lunghezza di ancoraggio (L_a), la resistenza a trazione (T) e l'interasse verticale (I_v) che dipendono dalla geometria dell'opera, dalle caratteristiche meccaniche dei terreni e dalla distribuzione dei sovraccarichi di progetto.

La geogriglia va tagliata a misura in pannelli di lunghezza $L_a + 2.30$ m, va posata sul fondo dello strato con la direzione di massima resistenza a trazione perpendicolare al fronte dell'opera, partendo dal fronte di scavo e procedendo verso il cassero; va fissata alle estremità con picchetti in tondino di ferro di lunghezza non inferiore a 25 cm, nella misura di 6 per ogni telo (2 all'estremità inferiore, 2 sul cassero, 2 all'estremità superiore).

In sommità la geogriglia va ripiegata temporaneamente verso l'esterno del cassero. I teli contigui vanno sormontati per almeno 10 cm.

6 POSA DEI GANCI DI RINFORZO

Dopo la stesura della geogriglia e della biostuoia, va fissata una staffa di rinforzo in tondino di ferro analogo a quello usato per il cassero finalizzata ad evitare l'apertura del cassero sotto le pressioni che si svilupperanno nella fase di compattazione.

I ganci di rinforzo dovranno essere inseriti con una frequenza non inferiore ad 1 gancio ogni 60 cm.

7 POSA DEL TERRENO DI RIEMPIMENTO

Il terreno di riempimento dovrà avere caratteristiche di resistenza al taglio conformi a quanto indicato nel foglio di dimensionamento; andrà steso in strati da 20 cm circa e compattato con rulli a superficie bugnata di adeguato peso fino ad ottenere l'altezza dello strato prevista: 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 cm di terreno adatto alla crescita della vegetazione.

8 RISVOLTO DELLA BISTUOIA E DELLA GEOGRIGLIA

Raggiunta l'altezza prevista dal progetto devono essere risvoltate verso l'interno la geogriglia e la bistuoia che erano state temporaneamente adagate esternamente al cassero, avendo cura di stenderle bene, va fissata alle estremità con picchetti in tondino di ferro di lunghezza non inferiore a 25 cm, come indicato nel punto 5.

Dopo la fase 8 è possibile procedere alla preparazione di un nuovo strato in sommità, ripartendo dalla fase 2 e procedendo fino all'altezza indicata in progetto.

RILEVATO IN TERRA RINFORZATA

Rilevato in terra rinforzata con geogriglie, cassero guida, terreno di riempimento, stuoia di ritenzione e opere di rinverdimento, rinforzato su due i fronti, costruito in accordo con le linee guida ISO 14475.

La geogriglia di rinforzo dovrà essere in poliestere ad alta tenacità rivestita in PVC, a maglia circa 25 x 25 mm con resistenza longitudinale e lunghezza di ancoraggio secondo quanto indicato nelle sezioni di progetto. La geogriglia dovrà avere una resistenza trasversale non inferiore ai 20 kN/m (EN 10319), un allungamento a rottura non superiore al 10% (ISO 10319), un coefficiente di riduzione per danneggiamento meccanico in sabbie grossolane non superiore a 1.20 (GRI GG4 o eq.), un coefficiente di riduzione danneggiamento chimico non superiore a 1.10 (GRI GG4 o eq.), un coefficiente di riduzione per danneggiamento da creep non superiore a 1.50 (ISO TR 20432), una resistenza ai raggi UV non inferiore a 2 settimane (EN 12224). La geogriglia dovrà essere marcata CE per la funzione di rinforzo (EN 12351) e fornita da produttori con sistema di qualità certificato ISO 9001. Preventivamente alla fornitura dovranno essere sottoposte alla direzione lavori per l'approvazione le schede tecniche, la dichiarazione di prestazione CE e le prove di laboratorio che attestino i coefficienti di riduzione richiesti nonché la resistenza ai raggi UV. I teli dovranno essere posati ben tesi, con la direzione longitudinale della geogriglia ortogonale al fronte della terra rinforzata, senza soluzione di continuità tra ancoraggio, fronte e risvolto, con un risvolto di almeno 1,50 m su entrambi i lati; i teli adiacenti dovranno essere sormontati per almeno 10 cm. Lo stesso di geogriglia dovrà rinforzare sia il paramento di valle che il paramento di fronte senza soluzione di continuità. Il fianco dell'opera sul lato ovest, ortogonale all'alveo del torrente, sarà inclinato 85-90° e rinforzato su un solo lato.

Il cassero guida dovrà essere formato da fogli in rete elettrosaldata di larghezza minima 1,30 m, con filo Feb44k longitudinale e trasversale non inferiore a 8 mm, maglia non superiore 15 x 15 cm, sagomato con inclinazione a 65°. I casseri dovranno essere mantenuti in sagoma da opportuni ganci di rinforzo di adeguata lunghezza e uncinatura, nella misura di circa 1 gancio ogni 60 cm di lunghezza. I casseri dovranno essere posati su superficie orizzontale, stabile e compatta, lateralmente dovranno essere sormontati per almeno 10 cm con legatura i fili di ferro, mentre in altezza non dovranno essere legati e il cassero superiore dovrà essere arretrato di almeno 2 cm rispetto al cassero inferiore.

Il terreno di riempimento dovrà essere costituito da ghiaia e sabbia ben gradata, con un contenuto massimo di frazione fine (limo e argilla) non superiore al 12 %, privo di blocchi taglienti o di diametro superiore a 10 cm . Il terreno dovrà appartenere alle classi granulometriche GW/GP della classificazione USCS oppure delle classi granulometriche A-1, A-2-4, A-3 della classificazione CNR UNI 10006. E' ammesso l'uso di materiale reperibile in loco e/o di materiale riciclato marcato CE a condizione che rispetti le caratteristiche granulometriche indicate. Per ogni strato, il terreno di riempimento dovrà essere steso in due sottostrati di spessore non superiore a 35 cm, compattato con rullo a superficie bugnata fino ad ottenere un modulo di deformazione alla prova di carico su piastra di almeno 25 MPa (250 kg/cm²) nell'intervallo di carico 150-250 kPa. A dimostrazione dei risultati raggiunti, l'appaltatore dovrà fornire, compresi nel prezzo, gli esiti di almeno 2 prove di carico su piastra sul terreno preventivamente rullato. Nella parte frontale di ogni strato, l'appaltatore avrà cura di posare 30-40 cm di terreno vegetale in luogo del terreno di riempimento, al fine di favorire il rinverdimento dell'opera.

Nella parte centrale dell'opera, per circa 1,00 m di larghezza, si dovrà utilizzare un terreno limoso-argilloso a bassa permeabilità e bassa compressibilità, appartenente alle classi granulometriche CL/ML della classificazione USCS oppure alla classe granulometrica A-6 della classificazione CNR UNI 10006. A dimostrazione della qualità del terreno limoso argilloso, l'appaltatore dovrà produrre gli esiti di almeno 2 analisi granulometriche per setacciatura e per sedimentazione sui campioni del terreno che vorrà utilizzare.

La stuoia di ritenzione dovrà essere una rete in polipropilene a maglia fine (max 3 x 3 mm) di resistenza minima isotropa di 10 kN/m e colore verde fornita in rotoli di altezza minima 1.00 m. Dovrà essere immersa nello strato sottostante e nello strato sovrastante per almeno 15 cm e dovrà coprire senza soluzione di continuità tutto il fronte della terra rinforzata.

Il rinverdimento dovrà essere realizzato con idrosemina, piante rampicanti, arbustive o simili compatibili con le specie autoctone, previa approvazione delle scelte da parte della DL.

Compresi sfridi, sovrapposizioni, accessori e mezzi d'opera necessari per la stesa e la compattazione del terreno all'interno dei rinforzi, con esclusione degli oneri per la fornitura e trasporto del terreno di riempimento.

Misura al m2 della proiezione verticale di superficie rinforzata (per ogni fronte rinforzato)€/mq