REALIZZAZIONE DI UN VALLO PARAMASSI A DIFESA DELL'ABITATO IN COMUNE DI NOVATE MEZZOLA
CIG 9158189BA3



Fase Progettuale

PROGETTO ESECUTIVO

Oggetto

03 - INTERVENTI
Relazione di calcolo

Ing. P. Cancelli
Ing. G. Bragonzi

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 45488726
https://studiocancelli.eu
E-mail: info@studiocancelli.eu

Dott. Geol. A. Tamburini

IMAGE

Collaborazione

Ing. A. Mocchi
Ing. L. Tedeschi

Dott. Agr. F. Neonato
(PN Studio)

Elaborato

03.01

Codice 294E031T20

Scala -

13/12/2024	0	Emissione per consegna	GB
Data	n°	Descrizione	Approvato

Indice

1 PREMESSA 5
2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO 7
2.1 *Normativa di riferimento* 7
2.2 *Bibliografia* 8
2.3 *Software* 9
3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 10
4 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO 11
5 RILEVATI PARAMASSI IN TERRA RINFORZATA 13
5.1 *Descrizione sintetica dei lavori* 13
5.2 *Materiali* 14
5.3 *Cenni di teoria* 15
5.3.1 Caratteristiche del rinforzo 18
5.4 *Verifiche di stabilità* 21
5.4.1 Riferimenti normativi e classificazione dell'opera 21
5.4.2 Scelta dei parametri di progetto e tipologia delle verifiche 22
5.4.3 Risultati 29
5.5 *Verifica dell'interazione dinamica tra blocchi e rilevato in t.r.* 30
5.5.1 Definizione dell'approccio progettuale 32
5.5.2 Parametri costitutivi del modello 36
5.5.3 Calibrazione dei parametri costitutivi 37
5.5.4 Descrizione dei casi analizzati 38
5.5.5 Valutazione della risposta meccanica delle opere 39
5.5.6 Descrizione dettagliata dei risultati ottenuti (θ = 0, b =2,5 m) 41
5.5.7 Osservazioni conclusive 42
6 BARRIERA PARAMASSI 44
6.1 *Descrizione sintetica dei lavori* 44
6.2 *Materiali* 45
6.3 *Modello di riferimento* 46
6.3.1 Azioni 47
6.3.2 Resistenze 48
6.4 *Modello di calcolo* 49
6.4.1 Verifica dell'interfaccia malta – substrato 49
6.4.2 Verifica dell'interfaccia acciaio – malta 50
6.4.3 Verifica sezione acciaio 52

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

6.5 Azioni di progetto sugli ancoraggi *52*

6.6 Dimensionamento degli ancoraggi *53*

6.6.1 Ancoraggi flessibili 55

6.6.2 Barre tipo Gewi 56

6.6.3 Ancoraggi di prova 56

6.7 Influenza delle azioni sismiche *57*

7 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI **58**

ALLEGATI: TABULATI VERIFICHE DI STABILITA' **59**

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGE

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

1 PREMESSA

Il presente documento è stato redatto nell'ambito della Progettazione Esecutivo (PE) per la ***"Realizzazione di un vallo paramassi a difesa dell'abitato in Comune di Novate Mezzola"***.

In particolare, la presente relazione riguarda il dimensionamento e le verifiche di stabilità del rilevato in terra rinforzata con geogriglie, al quale è deputato proprio il compito di intercettare ed arrestare i blocchi singoli o in massa provenienti dalla parete rocciosa.

Tale documento contiene anche il dimensionamento e le verifiche degli ancoraggi delle barriere metalliche paramassi.

Per la definizione del crollo di progetto, così come definito dalle norme UNI [1], ad integrazione dello studio traiettografico eseguito da EG4 RISK sono state eseguite le necessarie attività di indagine geologica. Tali indagini hanno confermato l'elevato grado di pericolosità andando a chiarire il livello di attività del versante ed i relativi cinematismi di rottura.

Sulla base di questi calcoli è stato possibile determinare l'energia di progetto E_{Sd} che corrisponde all'energia posseduta dal blocco in movimento proprio in corrispondenza del punto di impatto con il paramento dell'opera di difesa.

La relazione è stata articolata sulla base dei seguenti capitoli.

- **Documenti di riferimento:** elenco delle principali leggi, decreti, circolari e norme attinenti alla redazione dei progetti in ambito di opere pubbliche ed in particolare al dimensionamento di interventi di mitigazione del rischio da caduta massi. Nel capitolo è riportata anche la bibliografia, cioè l'elenco delle principali fonti scientifiche relative allo studio dei fenomeni di caduta massi e calcolo delle opere di mitigazione previste ed il software, cioè l'elenco dei codici di calcolo utilizzati per il dimensionamento delle opere in terra rinforzata.
- **Caratterizzazione geotecnica:** vengono riportati i parametri geotecnici utilizzati nei calcoli per la verifica e il dimensionamento delle opere in oggetto.
- **Pericolosità sismica di base:** riepilogo dei parametri sismici di base.
- **Rilevati paramassi in terra rinforzata:**
  - **Descrizione delle opere:** breve descrizione delle opere previste.
  - **Materiali**: descrizione dei materiali il cui impiego è stato previsto per la realizzazione del rilevato in terra rinforzata.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

  - **Cenni di teoria:** descrizione dei principali criteri ai quali si ispirano le tecniche per la realizzazione di opere in terra rinforzata.
  - **Verifiche di stabilità dei rilevati in terra rinforzata:** descrizione delle verifiche progettuali del rilevato paramassi finalizzato alla mitigazione del rischio da caduta massi.
  - **Verifiche dinamiche da impatto:** valutazione della risposta meccanica di rilevati paramassi sollecitati dall'impatto dinamico di blocchi in roccia caratterizzati da massa, velocità e inclinazione della traiettoria note.

- **Barriera paramassi:**
  - **Descrizione dell'opera:** breve descrizione della struttura.
  - **Materiali:** descrizione dei materiali il cui impiego è stato previsto per la realizzazione delle barriere.
  - **Modello di riferimento:** descrizione delle azioni e delle resistenze di progetto a cui sono soggetti gli ancoraggi.
  - **Cenni di teoria:** descrizione dei modelli di calcolo per le verifiche attuate.
  - **Azioni di progetto:** definizione dei carichi agenti sugli ancoraggi.
  - **Dimensionamento:** applicazione delle verifiche progettuali.
  - **Influenza delle azioni sismiche:** valutazione di possibili amplificazioni del carico causate da sollecitazioni sismiche.
- **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

[1] AGI AICAP: "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce – Raccomandazioni", giugno 2012.

[2] Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture, Decreto Legislativo 18.04.2016, n. 50, G.U. n. 91 del 19.04.2016

[3] Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE, Decreto Legislativo 12.04.2006, n. 163, G.U. n. 100 del 02.05.2006.

[4] Regolamento di esecuzione e attuazione del Decreto Legislativo 12.04.2006, n. 163, DPR del 05.10.2010, n. 207, G.U. n. 288 del 10.12.2010, Supplemento Ordinario n. 270.

[5] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni", GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018, Supplemento Ordinario n.8 alla Gazzetta Ufficiale.

[6] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.

[7] Circolare 02.02.2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008.

[8] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.42 del 20.02.2018, Serie Generale.

[9] D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", G.U. 01.06.1988, n. 127. S.O.

[10] EOTA – European Organization for Technical Approvals: ETAG 27 – Rockfall protection kits (Guida per il Benestare tecnico Europeo di Sistemi di Protezione Paramassi). La Guida, pubblicata il 01.02.2008, definisce le procedure necessarie al rilascio dell'ETA (European Technical Approval, ossia il Benestare Tecnico Europeo) per le barriere paramassi a rete, considerate come prodotti prefabbricati.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

[11] UNI 11211-1 – Opere di difesa dalla caduta massi. Parte 1 - Termini e definizioni, UNI 11211-2 – Opere di difesa dalla caduta massi. Parte 2 - Programma di intervento, UNI 11211-3 – Opere di difesa dalla caduta massi. Parte 3 - Progetto preliminare, UNI 11211-4 – Opere di difesa dalla caduta massi. Parte 4 - Progetto definitivo ed esecutivo, UNI 11167 – Rilevati paramassi. Metodi di prova all'impatto e realizzazione.

[12] EAD 340059-00-0106: Flexible kits for retaining debris flows and shallow landslides/open hill debris flows" (che sostituisce l'ETAG 27).

[13] EN 1997 Eurocodice 7: "progettazione geotecnica".

2.2 Bibliografia

[14] Asteriou P. Saroglou H., Tsiambaos G. Rockfall: Scaling factors for the coefficient of restitution. Eurock 2013, p. 195-200.

[15] Baduin, C., De Vos M., Simpson B. (2000). Some considerations on the use of Finite Element Method in Ultimate Limit State Design. *Int. Workshop on Limit State Design, LSD 2000*. Melbourne.

[16] Bustamante M. & Doix B. (1995): "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés", Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n°140, nov. dec., ref. 3047; Wiley & Sons.

[17] Calvetti, F., di Prisco, C., Vecchiotti, M., 2005. Experimental and numerical study of rock-fall impacts on granular soils. Rivista Italiana Di Geotecnica, 4, 95–109.

[18] Calvetti, F., di Prisco, C., 2007. Linee guida per la progettazione di gallerie paramassi (trad. Guidelines for the design of sheltering galleries). ISBN 8889720794

[19] Calvetti, F., di Prisco, C., 2012. Rockfall impacts on sheltering tunnels: Real-scale experiments. Geotechnique, 62(10), 865–876. https://doi.org/10.1680/geot.9.P.036

[20] Dattola, G., Crosta, G. B., & di Prisco, C. (2021). Investigating the influence of block rotation and shape on the impact process. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 147, 104867.

[21] Descoeudres F., Montani S., Boll A. and Gerber, W. (1999) "Disaster Resilient Infrastrucutre", capitolo 4, IDNDR, Zurich.

[22] di Prisco, C., & Vecchiotti, M. (2006). A rheological model for the description of boulder impacts on granular strata. Geotechnique, 56(7), 469-482.

[23] Giani G. P.(1992) "Rock slopes stability analysis". Balkema, Rotterdam, 361 pp.

[24] Giani G. P. (1997) "Caduta di massi", Edizioni Hevelius, Benevento.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

[25] Hoek, E., & Brown, E. T. (1980). Empirical strength criterion for rock masses. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 1013-1035.

[26] Hoek, E., & Brown, E. T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 1165-1186.

[27] Hoek, E., Carranza Torres, C., & Corkum, B. (2002). Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition. Proc. 5th North American Rock Mech. Symposium, (p. 267-273). Toronto.

[28] ISRM - Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. International Journal of rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, vol. 15, No 6, 1978. p 319-368.

[29] J.D. Rouiller et al. - Metodologia Matterock, 1998

[30] Oggeri O., Peila D., Recalcati P.: Rilevati paramassi. GEAM, 2004

[31] Pfeiffer T.J., Bowen T.D. Computer Simulation of Rockfalls of the Association of Engineering Geologists. Vol. XXVI, No. 1, 1989. p 135-146

[32] Peila, De Biagi et al. – Estimation of the return period of rockfall blocks according to their size. Natural Hazards and Hearth System Sciences, 2017

[33] Peila, D., Oggeri, C., & Castiglia, C. (2007). Ground reinforced embankments for rockfall protection: design and evaluation of full-scale tests. Landslides, 4(3), 255-265.

[34] Schanz, T., Vermeer, P.A. e Bonnier, P. G. (1999). The hardening-soil model: formulation and verification. In R.B.J. Brinkgreve, *Beyond 2000 in Computational Geotechnics*, Balkema, Rotterdam, pp. 281-290.

[35] Sieffert, J.G. and Cevaer. F., 1991. Handbook of impedance foundations: Surface foundations. Nantes. Ouest Editions.

[36] Zerbi, M., Redaelli I., di Prisco C. (2022) Inclined block impacts on granular strata: DEM-FDM numerical results and rheological modelling. Submitted to International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences

2.3 Software

[37] FHWA (Federal Highway Administration) - ReSSA

[38] GEOSTRU PS 2018

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il volume di terreno significativo che risente degli effetti delle opere in progetto è costituito da detriti riconducibili a fenomeni fluvio-glaciali (Conoide del T. Codera) ed ad attività gravitativa di versante. Gli esiti della campagna di indagine hanno confermato il modello geologico mostrando un leggero incremento della resistenza e della rigidezza con la profondità senza però evidenziare in modo chiaro la presenza di un bedrock.

In considerazione delle caratteristiche dell'opera e del limitato incremento dei parametri di resistenza dei terreni di fondazione con la profondità si ritiene di considerare un'unica unità geotecnica i cui parametri sono di seguito riepilogati.

Peso di volume	19 kN/m^3
Angolo d'attrito	42°
Coesione	7 kPa
Modulo di rigidezza	18 MPa

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID ISO 9001:2015

4 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Con specifico riferimento alla classificazione sismica si ricorda che la normativa dà la possibilità di effettuare la verifica di stabilità tramite analisi di tipo pseudo-statico considerando quindi l'azione sismica come una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico β_m valutato in funzione della categoria di sottosuolo e in funzione dell'accelerazione su suolo rigido a_g[g].

Categoria di sottosuolo	B	NTC '18, Tab. 3.2.II: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
Amplificazione stratigrafica	Ss = 1.2	
Amplificazione topografica	S_T = 1.2	NTC '18, Tab. 3.2.IV Categoria topografica T2: Pendii con inclinazione media i > 15° (§Tab. 3.2.III – Categorie topografiche).
Vita nominale della costruzione (anni)	V_N = 100	NTC '18, Tab. 2.4.I: Costruzioni con livelli di prestazioni elevati.
Coefficiente d'uso della costruzione	c_U = 1.0	NTC '18, § 2.4.II: Classe d'uso II.

Nei confronti delle azioni sismiche, gli Stati limite ultimi (SLU) sono condotti in termini di Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

$$K_h = (\beta_m * a_{max}/g) \qquad K_v = \pm 0.5 * K_h$$

Con

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

a_{max}= accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la seguente relazione:

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

$$a_{max} = S_S * S_T * a_g$$

con

a_g accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento rigido

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), (par. 3.2.3.2 NTC 2018)

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito si pone pari a:

β_m = **0.38** nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

Alla luce delle precedenti considerazioni, di seguito si riportano i valori dei parametri sismici impiegati nel dimensionamento della terra rinforzata.

Per lo stato limite ultimo SLV (salvaguardia della vita), in particolare, risulta:

a_g = 0.057g — accel. orizz. max attesa al sito su suolo di cat. B

$S = S_S \times S_T = 1.2 \times 1.0 = 1.2$ — S_S = coeff.amplificazione stratigrafica = 1.2

S_T = coeff.amplificazione topografica = 1.0

$a_{max} = a_g \times S = 0.0684$ g — accel. massima orizzontale attesa al sito

<u>Per le analisi di stabilità dei pendii</u>:

β_s = 0,20 — coeff. riduttivo di a_{max} (tab.7.11.I NTC2018) per $a_g/g \leq 0.1$ e suolo di cat.B

$k_h = \beta_s \times a_{max} / g = 0.01368$ — coeff.sismico orizzontale

$k_v = \pm 0.5\ k_h = \pm 0.00684$ — coeff.sismico verticale

<u>Per fronti di scavo e rilevati</u>:

β_s = 0,38 — coeff. riduttivo di a_{max}

$k_h = \beta_s \times a_{max} / g = 0.025992$ — coeff.sismico orizzontale

$k_v = \pm 0.5\ k_h = \pm 0.012996$ — coeff.sismico verticale

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

5 RILEVATI PARAMASSI IN TERRA RINFORZATA

5.1 Descrizione sintetica dei lavori

Come meglio approfondito nella Relazione generale, la mitigazione del rischio da caduta massi sarà perseguita attraverso la realizzazione di un rilevato paramassi in terra rinforzata con geogriglie estruse in HDPE.

L'opera sarà lunga ca. 550 m, avrà un'altezza di intercettazione pari a 8.00 m e larghezza in sommità pari a 2.50 m; l'inclinazione di entrambe le facciate, di monte e di valle, sarà pari a 70°. Sono state definite due sezioni tipo che differiscono dalla presenza o meno di un sottotomo di sostegno per il tomo paramassi.

I rilevati in terra rinforzata sono accettati come strutture che si pongono in una fascia di energia di assorbimento superiore a quella delle barriere metalliche attualmente sul mercato. Oltre alle ottime performance in termini di efficacia di protezione, tra i vantaggi che un rilevato paramassi può presentare possiamo ricordare:

- efficienza della protezione anche in caso di "sciame" di frana, ovvero di crolli ripetuti lungo la medesima direttrice;
- manutenzione molto ridotta anche a seguito di estesi fenomeni di crollo;
- durata dell'opera nel tempo senza ammaloramenti o decadimento anche a seguito di fenomeni quali incendi;
- impatto ambientale trascurabile, specie se il manufatto viene mascherato con adeguati interventi di ingegneria naturalistica;
- possibilità di riutilizzo di materiale franato in epoche precedenti e comunque di smaltimento del materiale in conoide di frana.

Le pareti del rilevato saranno rinverdite con arbusti di specie autoctone.

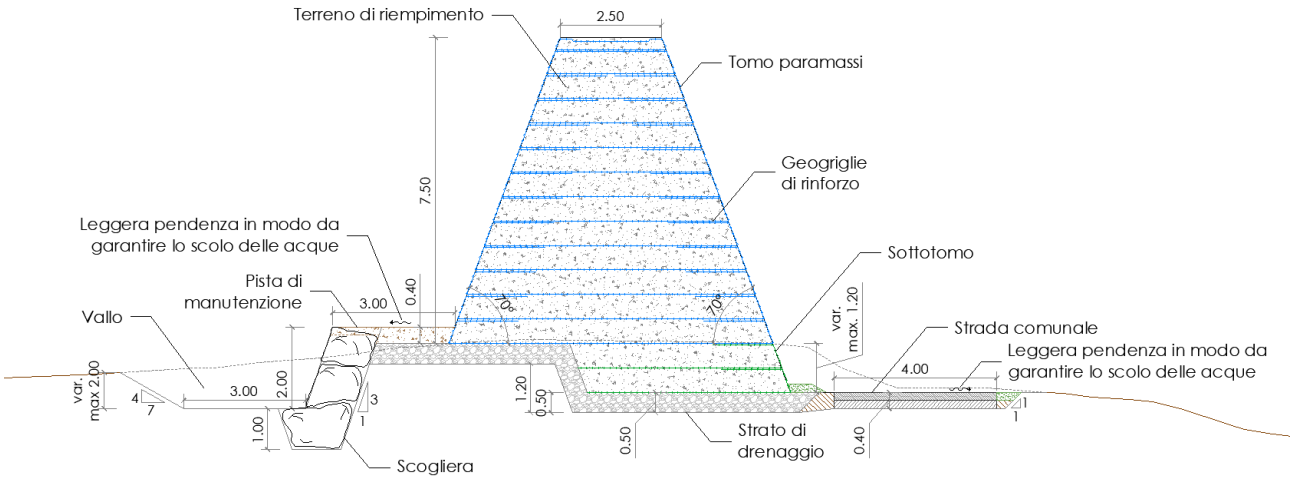


Figura 5.1: sezione tipo 1 del rilevato paramassi in terra rinforzata.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

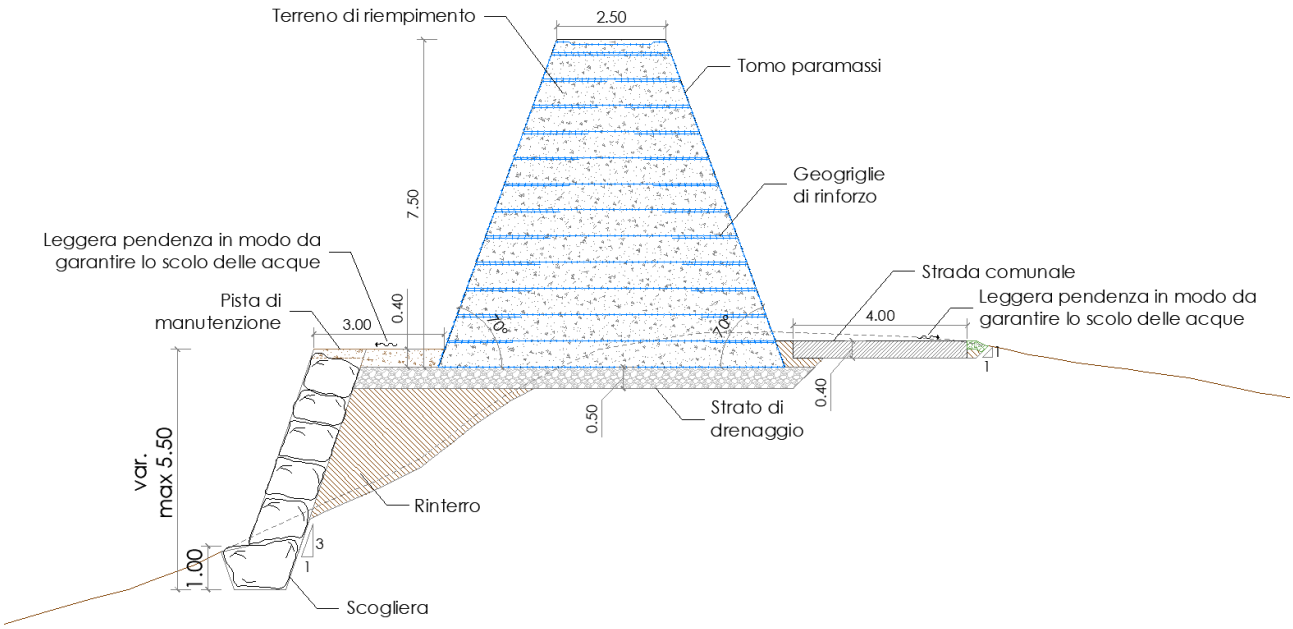


Figura 5.2: sezione tipo 2 del rilevato paramassi in terra rinforzata.

5.2 Materiali

Per la realizzazione del rilevato in terra rinforzata si prevede l'impiego dei seguenti materiali:

Geogriglie

- Geogriglie estruse in HDPE di tipo mono-orientato.

A tale proposito si evidenzia che i sistemi di terre rinforzate disponibili sul mercato fanno riferimento a molteplici fornitori che prevedono componenti strutturali e costruttivi diversi tra loro e non direttamente comparabili. Le caratteristiche prestazionali utilizzate nei dimensionamenti si riferiscono ai componenti strutturali di uno specifico sistema di terre rinforzate fornito da un determinato produttore, a cui si è richiesto preventivo di spesa per la fornitura dei materiali. Con riferimento al prodotto considerato sono state condotte anche le verifiche strutturali di seguito descritte.

Il codice dei contratti ed i relativi regolamenti attuativi e circolari specificano la possibilità di approvvigionamento degli elementi costitutivi il rinforzo delle terre armate da uno qualsiasi dei fornitori presenti sul mercato, nel rispetto delle caratteristiche prestazionali minime in esso specificate. Si specifica altresì che nel caso in cui in corso di esecuzione venga accettata dalla DL la fornitura e messa in opera di strutture con componenti elementari differenti rispetto a quanto previsto in progetto sarà necessario procedere ad un contestuale aggiornamento delle verifiche strutturali nel rispetto delle caratteristiche geometriche e costruttive del sistema che si andrà ad installare.

Terreno di riempimento

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera proverrà dagli scavi interni al cantiere e accumuli all'interno dell'alveo del T. Codera individuati di concerto con il referente tecnico dell'UTR Montagna Sede di Sondrio.

È previsto infine anche l'impiego di materiale riciclato da attività di demolizione.

Attraverso specifiche attività di frantumazione e vagliatura il terreno per la realizzazione dei rilevati in terra rinforzata possa essere classificato come appartenente ai gruppi A1, A3, A2-4, A2-5 così come indicati nelle Norme UNI 10006 sostituita successivamente dalle UNI EN 13242, 13285 e UNI EN ISO14688-1. Saranno escluse le pezzature superiori a 20 cm, se non in percentuale massima del 10%-15%, il loro impiego potrà essere autorizzato solo dal Direttore dei lavori. In ogni caso saranno esclusi i materiali che presentino angoli d'attrito minori di quelli previsti in progetto assunto pari a 37°. Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere superiore a 15.90 kN/m³. Altri materiali, anche non rispondenti alle classificazioni esposte, potranno essere utilizzati, previo studio di un'appropriata correzione della curva granulometrica con materiali diversi, in modo da ottenere comunque le caratteristiche ed i paramenti utilizzati nei calcoli di progetto.

5.3 Cenni di teoria

Un semplice modello aiuta a spiegare il principio a cui si ispirano le tecniche per la terra rinforzata.

Consideriamo l'elemento di terreno in Figura 5.3 (b), che è parte di una massa indefinita di terreno: l'applicazione di un carico verticale esterno produce nel terreno uno sforzo verticale σ_y aggiuntivo, che induce una deformazione dell'elemento e il conseguente insorgere di uno sforzo orizzontale σ_h causato dalla compressione laterale del terreno adiacente che si oppone a tale deformazione. La deformazione orizzontale ε_h che il terreno subisce è causa principale di rottura locale.

Quando, come in Figura 5.3 (b), un elemento di rinforzo è confinato nel terreno, l'insorgere di uno sforzo verticale è seguito dalla deformazione dell'elemento di terreno e conseguentemente dall'allungamento dell'elemento di rinforzo. Tale allungamento genera una resistenza a trazione T nel rinforzo, che subito dopo produce uno sforzo orizzontale σ_h. Questo sforzo, fornendo un'azione di confinamento sui granuli di terreno adiacenti, contribuisce a resistere alle forze orizzontali e a ridurre le corrispondenti deformazioni orizzontali. Pertanto, l'inclusione di una geogriglia di rinforzo all'interno di una massa di terreno riduce le deformazioni e gli sforzi che insorgono nel terreno.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID ORGANISMO DI CERTIFICAZIONE AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

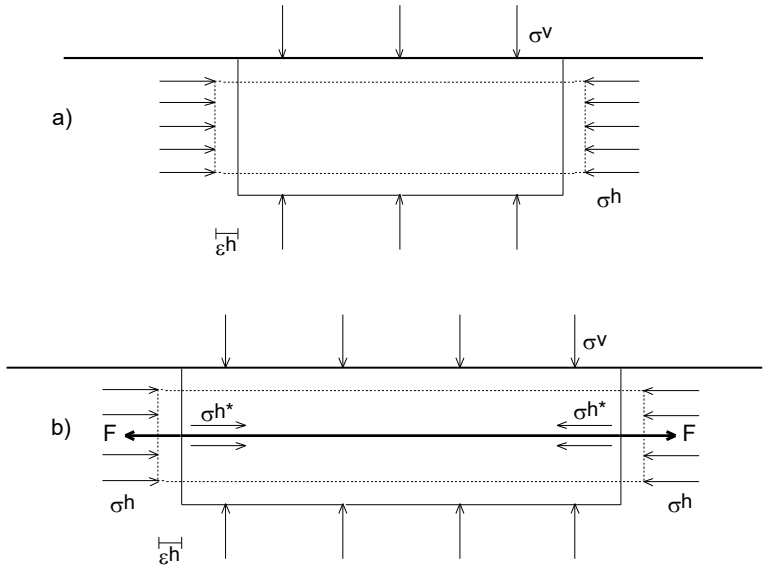


Figura 5.3: sforzi e deformazioni in un elemento di terreno non rinforzato (a) e rinforzato (b).

Gli sforzi verticali σ_v applicati al terreno possono perciò essere incrementati.

Riguardo alla resistenza agli sforzi di taglio, in accordo con la Figura 5.6, in un elemento di terreno incoerente abbiamo:

$$(\tau_{yx})_{max} = \sigma_y \tan \phi_{max}$$

dove

ϕ_{max} = massimo angolo di resistenza al taglio del terreno;

$(\tau_{yx})_{max}$ = massimo sforzo di resistenza al taglio fornito dal terreno.

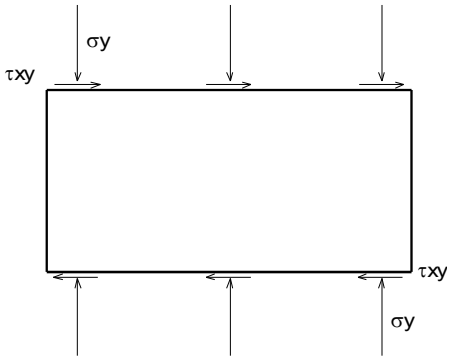


Figura 5.4: resistenza agli sforzi di taglio in un elemento di terreno non rinforzato.

Quando l'elemento di terreno è attraversato da un elemento di rinforzo inclinato di un angolo θ rispetto alla verticale Figura 5.5, lo stato tensionale è modificato perché la sollecitazione T genera uno sforzo di taglio prodotto dalla componente tangenziale T sen θ , mentre componente normale T cos θ genera un'altra τ_{yx} dovuta all'angolo d'attrito ϕ_{max} del terreno.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

$(\tau_{yxr})_{max}$	$= \sigma_{yr} \tan \phi_{max}$	$+ (T/A_s) \cos \theta \tan \phi_{max}$	$+ (T/A_s) \text{ sen } \theta$
Resistenza al taglio totale	resistenza al taglio del solo terreno	sforzo di taglio generato dalla componente normale di T	sforzo di taglio generato dalla componente tangenziale di T

dove

A_s = area dell'elemento di rinforzo;

$(\tau_{yxr})_{max}$ = massimo valore di resistenza al taglio del terreno rinforzato.

In tal modo lo sforzo normale sull'elemento di terreno è incrementato di:

$$\sigma_y\Lambda = (T/A) \cos \theta$$

mentre il massimo sforzo di taglio che il terreno può sopportare è incrementato di

$$\tau_{yxr}\Lambda = (T/A_s) \cdot \cos \theta . \text{Tan } \phi_{max} + (T/A_s) \cdot \text{sen } \theta$$

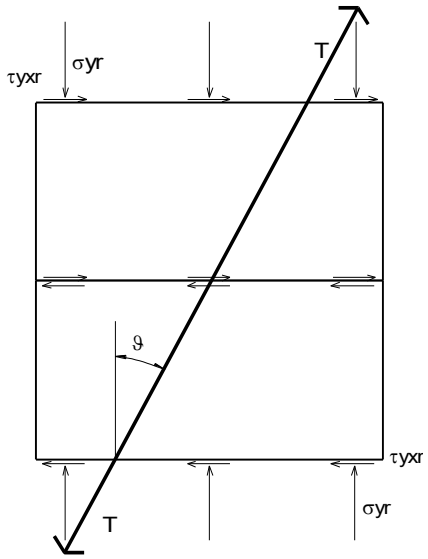


Figura 5.5: resistenza agli sforzi di taglio in un elemento di terreno rinforzato.

I fattori influenzanti la resistenza al taglio del terreno rinforzato sono:

- resistenza e rigidezza del rinforzo relativamente al terreno circostante;
- posizione del rinforzo;
- forma del rinforzo, che deve poter sviluppare un elevato angolo d'attrito apparente all'interfaccia con il terreno;
- caratteristiche di creep (allungamento sotto carico di trazione costante) del rinforzo durante la vita di progetto dell'opera;
- durabilità del rinforzo.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGE

In particolare, la struttura geometrica del rinforzo deve garantire un attrito elevato tale da evitare possibili sfilamenti del rinforzo stesso a causa della forza di trazione T cui è sottoposto. Bisogna rilevare che un rinforzo troppo rigido può rompersi per piccole deformazioni senza mobilitare valori di resistenza elevati; un materiale troppo estensibile non riuscirebbe a fornire un rinforzo sufficiente se prima non si raggiungono grandi deformazioni, deformazioni solitamente incompatibili con la funzionalità della struttura.

La stabilità globale del terreno rinforzato è basata sull'interazione tra terreno e rinforzo. E', comunque, necessario proteggere la facciata del manufatto da fenomeni di erosione.

I principali vantaggi delle opere in terra rinforzata sono:

- costo complessivo più basso: la possibilità di costruire pendii più ripidi riducendo la quantità di materiale necessaria per realizzare il rilevato; è inoltre possibile il riutilizzo del materiale di scavo;
- miglioramento della stabilità: l'impiego del rinforzo garantisce fattori di sicurezza maggiori;
- possibilità di costruire direttamente su terreni a debole capacità portante: un rinforzo posto alla base permette di costruire direttamente su terreni fondali scadenti che normalmente richiederebbero una consolidazione preliminare e grande cautela durante la fase di costruzione.

5.3.1 Caratteristiche del rinforzo

Le geogriglie di rinforzo indicate sono di tipo mono-orientato (cioè caratterizzate da una resistenza a trazione maggiore in una direzione), prodotte per estrusione in polietilene ad alta densità (HDPE), e successivamente stirate in direzione longitudinale.

Ai fini del calcolo, le resistenze di progetto sono calcolate applicando opportuni Fattori di Sicurezza Parziali alla Resistenza di Progetto a Lungo Termine (LTDS).

$$P_{amm} = \frac{LTDS}{\left(FS_{giunzione} \cdot FS_{chimico} \cdot FS_{biologico} \cdot FS_{danni\ ambientali}\right)}$$

La Resistenza di Progetto a Lungo Termine è ricavata in base a prove accelerate di creep di trazione eseguite a 10°, 20° e 40° C mediante estrapolazione dei risultati a 120 anni.

Il fattore di riduzione per creep, o la resistenza di lungo termine del prodotto impiegato, deve essere certificata dal produttore mediante prove di trazione di lungo termine (creep) che siano state condotte sulla tipologia di rinforzo previsto per una durata non inferiore alle 100.000 ore.

Nel caso in cui la massima durata delle prove sia inferiore, alla resistenza di lungo termine calcolata, dovrà applicarsi un ulteriore fattore riduttivo secondo quanto previsto dal codice BS 8006

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

$f_{\text{estrapolazione dei dati}} = \log_{10}$ (vita utile dell'opera/ massima durata della prova)

Geosintetici senza prove di creep certificate non saranno presi in considerazione.

Per questo progetto i valori impiegati nelle verifiche (resistenza di lungo termine e fattori riduttivi) sono stati desunti dal documento di validità tecnica (DVT 020 del 2022) rilasciato da CNR-ITC ad un produttore di geogriglie estruse in HDPE. In base a tale certificazione, i valori delle resistenze a lungo termine per le geogriglie possono essere ricavati applicando un opportuno fattore di sicurezza per il creep pari a 2.44.

I valori previsti nel progetto sono indicati nella seguente tabella.

Tabella 5.1: resistenza a lungo termine delle geogriglie

Resistenza di picco [kN/m]	**Resistenza a lungo Termine** [kN/m]
45	18.5

I Fattori di Sicurezza chimico e biologico per le geogriglie, come attestato dal certificato DVT 0020, sono pari a 1.00, in quanto la tecnologia costruttiva ed i materiali sono tali da garantire contro il rischio di danneggiamento a seguito di aggressione chimica o biologica (le geogriglie in HDPE sono chimicamente e biologicamente inerti). I risultati di prove eseguite dal Laboratorio Geosyntec (1991) in U.S.A. su geogriglie estruse in HDPE, in accordo agli Standard di prova E.P.A. 9090 dall'Environmental Protection Agency con esposizione delle geogriglie estruse a un percolato sintetico aggressivo, mostrano chiaramente come esse non siano soggette ad attacco chimico. Inoltre, le geogriglie estruse in HDPE sono risultate essere resistenti all'attacco di microrganismi (batteri aerobi ed anaerobi, funghi ed alghe) e macrorganismi (roditori e termiti). Dal momento che le geogriglie sono progettate sulla base della loro LTDS, esse non saranno mai soggette a forze di trazione maggiori della LTDS stessa. Pertanto, la Resistenza delle Giunzioni R_j deve essere uguale perlomeno alla LTDS moltiplicata per un opportuno Fattore di Sicurezza $FS_{GIUNZIONE}$:

$$R_j > RPLT \times FS_{GIUNZIONE}$$

dove $FS_{GIUNZIONE}$ può essere ragionevolmente assunto pari a 1.50.

Per le geogriglie previste, le resistenze delle giunzioni sono indicate nella seguente tabella.

Tabella 5.2: resistenza delle giunzioni delle geogriglie

Resistenza di picco [kN/m]	**Resistenza delle giunzioni** [kN/m]
45	36

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

Le prove di trazione vengono eseguite "attraverso le giunzioni", ossia inserendo l'intera giunzione nei morsetti del tensiometro; se è verificata l'equazione sopra riportata, il Fattore di Sicurezza per la resistenza delle giunzioni può essere assunto uguale a 1.00.

Quando il materiale di riempimento, specialmente se caratterizzato da elementi a spigolo vivo, viene sparso sulle geogriglie e compattato, le geogriglie possono subire danneggiamenti dovuti al punzonamento e all'abrasione da parte dell'aggregato. Ogni tipo di geogriglia subisce un diverso livello di danneggiamento, che può essere valutato per mezzo di prove di trazione eseguite su campioni danneggiati e non danneggiati.

Un esteso programma di prove su questo argomento è stato coordinato in UK per valutare la resistenza residua di differenti geosintetici dopo essere stati sottoposti a una procedura di danneggiamento a scala reale. la procedura di danneggiamento è stata eseguita dal TRRL (Transport Road Reseach Laboratory), seguendo le direttive fissate da Watts & Brady (1990); i test di trazione sono poi stati eseguiti al laboratorio BTTG (British Textile Technology Group). In base ai risultati di tale campagna di prove, che dimostrano come le geogriglie in polietilene, sottoposte a prove di danneggiamento con diversi tipi di terreno, ritengano pressoché completamente la resistenza iniziale, il Fattore di Sicurezza contro i danni ambientali può essere assunto come indicato nella seguente tabella.

Tabella 5.3: fattore di sicurezza per i danni ambientali per i vari tipi di terreno

Tipo di terreno	Dimensioni granuli	FS $_{\text{danni ambientali}}$
Sabbia, limo ed argilla	< 0.06 mm	1.00
Ghiaia spaccata media	6.00 – 40.0 mm	1.00
Ghiaia spaccata grossa	40.00 – 75.00 mm	1.00
Ghiaia con pietrame e ciottoli	75.00 – 125.00 mm	1.00

È stato quindi assunto un fattore di riduzione per danneggiamento unitario.

In base a queste considerazioni, data la natura del terreno che si prevede di impiegare, è possibile assumere come unitari tutti i fattori di sicurezza parziali, ed ammettere come tensione ammissibile di progetto la resistenza a lungo termine delle geogriglie stesse:

- geogriglia con resistenza massima a trazione 45 kN/m: resistenza di progetto 18.45 kN/m.

Qualora vengano previste geogriglie estruse in HDPE differenti rispetto a quelle descritte nel DVT sopra menzionato, i materiali scelti dovranno comunque assicurare, per una vita utile dell'opera di 120 anni e dopo aver applicato tutti i fattori di riduzione precedentemente descritti, una resistenza di progetto non inferiore a quelle sopra menzionate.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

I valori sopra descritti dovranno essere certificati da un ente indipendente appartenente all'UEATc (ad esempio il CNR-ITC, o il BBA). Non potranno essere prese in considerazione geogriglie estruse non in possesso di certificato di idoneità tecnica (in quanto i valori progettuali non possono essere verificati), né geogriglie con una resistenza delle giunzioni minore di quella prevista (cioè di tipo saldato o tessuto), perché esse non potrebbero trasmettere gli sforzi previsti in sede di calcolo.

5.4 Verifiche di stabilità

5.4.1 Riferimenti normativi e classificazione dell'opera

Le verifiche di seguito descritte sono state effettuate nel rispetto delle prescrizioni contenute nell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni (di seguito NTC 2018) approvate con D.M. delle Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018 (Gazzetta Ufficiale 20 febbraio 2018, n. 42 - S.O. n. 8).

Con riferimento alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la verifica della sicurezza dell'opera sarà condotta agli stati limite ultimi (SLU). La verifica agli stati limiti di esercizio, considerata la natura dell'opera, la sua flessibilità e deformabilità, non risulta essere critica, in quanto l'opera può sopportare deformazioni che non ne pregiudicano la funzionalità e l'esercizio. Spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto si potrebbero manifestare solo per collasso della struttura, e quindi a seguito di condizioni di carico e di sollecitazione ricoperte nelle verifiche allo SLU, più severo. Sulla base delle NTC 2018 le terre rinforzate vengono classificate come muri di sostegno (par. 6.5 delle NTC 2018: "Le norme si applicano a tutte le costruzioni e agli interventi atti a sostenere in sicurezza un corpo di terreno o di materiale con comportamento simile: ... - omissis - ... strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento *(ad esempio ... - omissis - ... terra rinforzata, muri cellulari)*."

Seguendo tale classificazione, per tutte le opere di sostegno debbono essere effettuate tre tipi di verifiche agli stati limite ultimo:

- stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU)
- stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione (STR)
- stato limite di resistenza del terreno (GEO)

Per le verifiche sismiche dell'opera in oggetto si fa riferimento al sopraccitato D.M. del 17 gennaio 2018, utilizzando il foglio di calcolo "Spettri di Risposta - Versione 1.0.3", distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per il calcolo degli spettri di risposta sismica per la determinazione delle azioni sismiche agenti sull'opera in oggetto.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

5.4.2 Scelta dei parametri di progetto e tipologia delle verifiche

5.4.2.1 Coefficienti parziali

I coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni sono i seguenti:

Tabella 5.4 (NTC 2018, Tab. 6.2.I): coefficienti parziali per le azioni e per l'effetto delle azioni

AZIONE	EFFETTO	SIMBOLO (γ_f)	COEFFICIENTE PARZIALE		
			EQU	A1	A2
Permanente	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
Permanente	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanente non strutturale	Favorevole	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
Permanente non strutturale	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabile	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
Variabile	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni che partecipano all'azione stabilizzante (resistente) ed instabilizzante (spingente) sono i seguenti (NTC 2018).

Tabella 5.5 (NTC 2018, Tab. 6.2.II): coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO		Coefficiente parziale (γ_m)	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1.0	1.00

Per quanto attiene, invece, ai coefficienti parziali per le resistenze geotecniche, in condizioni statiche, essi sono i seguenti.

Tabella 5.6 (NTC 2018, tab. 6.5.I)

VERIFICA	Coefficiente parziale γ_R (R3)
Capacità portante della fondazione	1.40
Scorrimento	1.10
Ribaltamento	1.15
Resistenza del terreno a valle	1.40

Tabella 5.7 (NTC 2018, tab. 6.8.I)

VERIFICA	Coefficiente

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

	parziale γ_R (R2)
Stabilità globale	1.10

In condizioni sismiche gli stessi assumono i seguenti valori.

Tabella 5.8 (NTC 2018, tab. 7.11.III)

VERIFICA	**Coefficiente parziale γ_R (R3)**
Capacità portante della fondazione	1.20
Scorrimento	1.00
Ribaltamento	1.00
Resistenza del terreno a valle	1.20

Tabella 5.9 (NTC 2018, §7.11.4)

VERIFICA	**Coefficiente parziale γ_R (R2)**
Stabilità globale	1.20

5.4.2.2 Stati limite ultimi (SLU)

In tutte le verifiche, dovrà risultare soddisfatta la condizione

$E_d<R_d$

in cui E_d rappresenta il valore di progetto delle azioni, mentre R_d rappresenta il valore di progetto della resistenza.

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo.

Nel caso in oggetto vengono sviluppate le verifiche relative alla tipologia di rinforzo impiegato, cioè quella di stabilità interna (STR), di stabilità esterna e globale (GEO).

Per ottemperare a quanto richiesto dalla normativa vigente, tutte le analisi di stabilità sopra citate, oltre alle verifiche di scorrimento sul piano di posa (stabilità esterna) e di stabilità globale, sono state realizzate utilizzando il programma di calcolo ReSSA [37], specificamente creato per il dimensionamento di pendii ripidi in terra rinforzata.

5.4.2.3 Programma di calcolo: ReSSA

Seguendo la normativa vigente il presente manufatto in terra rinforzata è stato verificato agli stati limite ultimi.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID ISO 9001:2015

I potenziali meccanismi di rottura per pendii in terra rinforzata Figura 5.6 sono di seguito descritti:

- rottura interna: la superficie di rottura passa attraverso gli elementi di rinforzo
- rottura esterna: la superficie di rottura passa sotto e dietro il blocco in terra rinforzata
- rottura composta: la superficie di rottura passa dietro ed attraverso il blocco in terra rinforzata

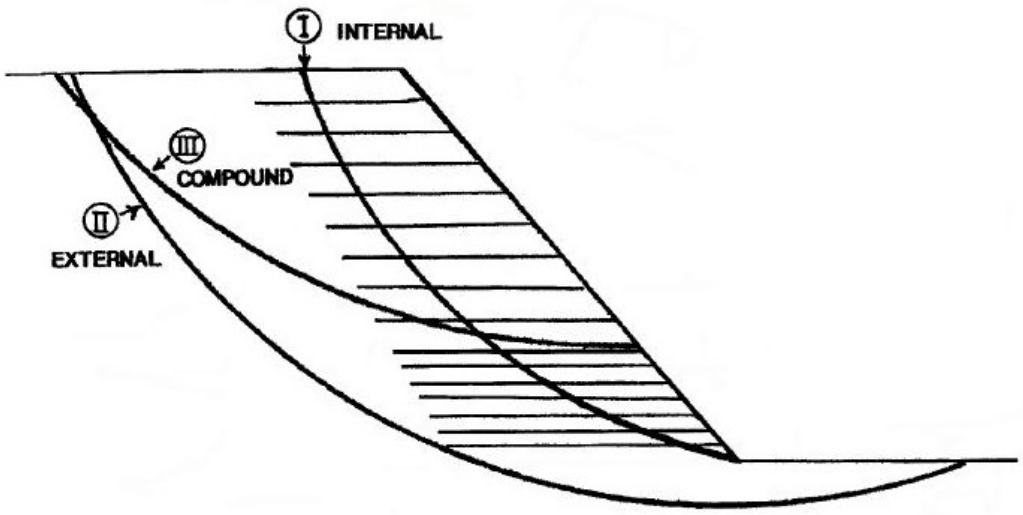


Figura 5.6: potenziali meccanismi di rottura per pendii in terra rinforzata

Il dimensionamento si basa su versioni modificate dei classici metodi dell'equilibrio limite utilizzati per valutare la stabilità dei pendii, come mostrato in Figura 5.7.

- Si ipotizzano potenziali superfici di rottura di forma circolare o a cunei
- Il fattore di sicurezza del pendio è dato dal rapporto tra le forze o i momenti resistenti e le forze o i momenti instabilizzanti
- L'elemento di rinforzo è rappresentato da una forza concentrata che interseca la potenziale superficie di rottura; aggiungendo la resistenza a rottura fornita da questa forza alla resistenza già garantita dal terreno, viene applicato al rinforzo un fattore di sicurezza pari al fattore di sicurezza relativo alla verifica di stabilità a rotazione.
- La resistenza a trazione di uno strato di rinforzo è assunta pari al minimo tra la resistenza ammissibile a sfilamento dietro alla potenziale superficie di rottura e la sua resistenza ammissibile di progetto a lungo termine

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

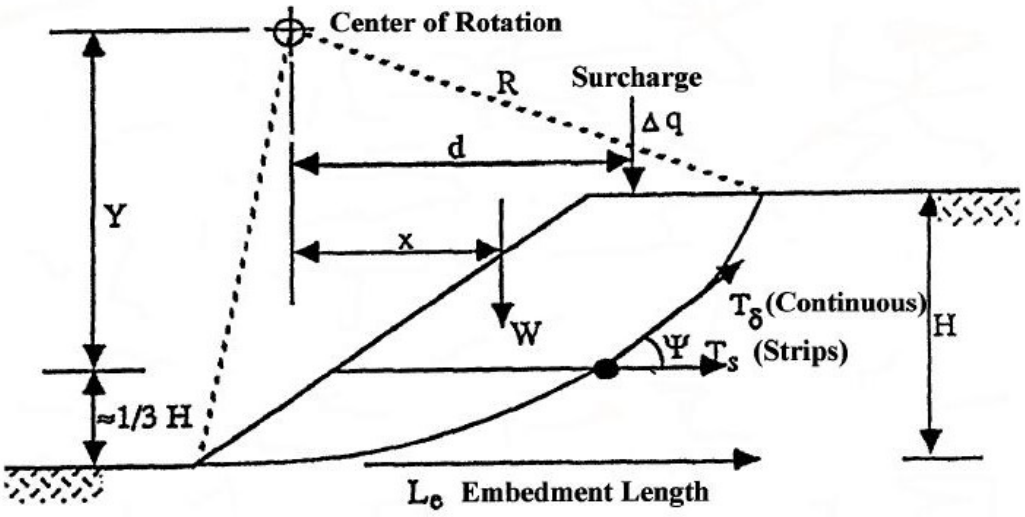


Figura 5.7: metodo dell'equilibrio limite modificato per il dimensionamento di pendii rinforzati

Una grande varietà di potenziali superfici di rottura deve essere considerata, incluse superfici di rottura profonde, passanti attraverso e dietro il volume di terra rinforzata.

Il fattore di sicurezza critico per la stabilità del pendio si ottiene dalla superficie di rottura del pendio non rinforzato che richiede il massimo rinforzo.

Questa è la superficie di rottura caratterizzata dal più grande squilibrio tra il momento instabilizzante ed il momento resistente, ed equivale alla superficie di rottura critica per il pendio rinforzato, caratterizzata dal fattore di sicurezza più basso.

Il dimensionamento del pendio rinforzato avviene attraverso la determinazione del fattore di sicurezza, e la sua successiva modifica fino a quando non viene raggiunto il valore richiesto.

L'orientazione della forza di trazione del rinforzo ha influenza sul valore del fattore di sicurezza del pendio. In un approccio conservativo, non viene presa in considerazione la deformabilità del rinforzo; ne consegue che le forze di trazione T_r per unità di larghezza del rinforzo sono sempre assunte orizzontali, nella direzione dei rinforzi stessi.

Il programma di calcolo utilizzato (ReSSA), sviluppato da FHWA (Federal Highway Administration), fu creato specificamente per il dimensionamento di pendii in terra rinforzata. ReSSA utilizza un tradizionale programma di calcolo per la stabilità dei pendii (STABL, sviluppato in origine all'Università di Purdue) modificato al fine di prendere in considerazione l'effetto stabilizzante del rinforzo.

Il valore del fattore di sicurezza FS dipende da come il programma considera le forze relative all'elemento di rinforzo all'interno dell'equazione di equilibrio dei momenti. Il metodo di analisi utilizzato prevede che tali forze diano un contributo al momento resistente:

$$FS_R = \frac{M_R + T_S R}{M_D}$$

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

dove:

FS_R = fattore di sicurezza richiesto;

M_R = momento resistente relativo alla resistenza del terreno;

M_D = momento instabilizzante relativo al centro della superficie circolare di rottura;

T_S = somma delle forze di trazione richieste per unità di larghezza del rinforzo (considerando rottura e sfilamento) in tutti gli strati di rinforzo che intersecano la superficie di rottura;

R = braccio della forza T_S rispetto al centro del cerchio di rottura, come mostrato in Figura 5.7.

Con questa ipotesi, FS_R viene applicato sia al terreno che al rinforzo. Il risultato è che il fattore di sicurezza applicato alla resistenza ultima T_{ULT}, al fine di ottenere la resistenza a trazione di progetto per unità di larghezza T_a, è uguale ad 1.00:

$$T_a = \frac{T_{ULT}}{FS}$$

T_a è quindi uguale alla resistenza di progetto a lungo termine T_{al}, ed il fattore di sicurezza sul rinforzo è uguale a FS_R.

5.4.2.4 Verifiche di stabilità interna - SLU di tipo strutturale (STR)

Le verifiche di carattere strutturale riguardano gli elementi di rinforzo. Le verifiche possono essere sintetizzate in:

a) verifica a sfilamento del singolo rinforzo dal terreno (pull-out),

b) verifica della resistenza di design dell'elemento di rinforzo.

Le verifiche sono condotte con riferimento ad analisi di stabilità interna locale dell'opera per l'individuazione dello stato di sollecitazione (azione di desing E_D) eseguite secondo le combinazioni di carico di cui all'Approccio 2.

Approccio 2 (A1+M1+R3)

Sfilamento del singolo rinforzo dal terreno

Le condizioni di frizione tra rinforzo e terreno intercluso terranno conto di un opportuno coefficiente di frizione $\mu = \frac{\alpha_{po} \cdot \tan\phi'}{\gamma_{\phi'}}$, in cui α_{po} è un opportuno coefficiente d'interazione rinforzo/terreno al pull-out, dipendente dal tipo di geogriglia e di terreno (valore ipotizzato = 0.90). Il fattore $\gamma_{\phi'}$ è espresso in Figura 5.10, funzione della combinazione di verifica (M1).

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

Resistenza di design dell'elemento di rinforzo

Per la verifica della resistenza di design dell'elemento di rinforzo, è stato confrontato lo stato di sollecitazione (E_D) a cui è sottoposto ogni singolo rinforzo, con la resistenza offerta R_D. La resistenza di design è determinata dalla seguente:

$R_D = T_{CR} / f_m$

in cui T_{CR} è la tensione a rottura di lungo termine (creep ropture) alla temperatura di riferimento, mentre f_m è il coefficiente parziale agente sulla resistenza del materiale di cui è costituito il rinforzo ($f_m = \gamma_R$).

Con tale fattore si includono le proprietà intrinseche del materiale, gli effetti d'installazione e di interazione ambientale ($f_{m111} * f_{m112} * f_{m121} * f_{m122} * f_{m211} * f_{m212} * f_{m22}$ – BS8006 Annex A).

f_{m111} (esistenza di specifiche standard di controllo)

f_{m112}(tolleranza caratteristiche geometriche)

f_{m121}(affidabilità valutazione dati statistici)

f_{m122}(estrapolazione dati statistici nel lungo termine)

f_{m211}(effetti sul breve termine prima ed in fase di installazione)

f_{m212}(effetti dell'installazione sul lungo termine)

f_{m22}(effetti nocivi ambiente: pH)

Nel caso in esame f_m è pari a 1.00.

Deve perciò essere soddisfatta la seguente relazione:

$R_D \geq E_D$.

SLU di stabilità interna locale

Le verifiche includono l'analisi dei possibili cinematismi di rottura con formazione di cunei di movimento che coinvolgono la resistenza del terreno e le caratteristiche di resistenza ed interazione dei materiali strutturali.

Tra le possibili superfici di scorrimento va verificata anche la possibilità che la stessa comprenda del tutto od in parte la superficie contenente il rinforzo. In tal caso la condizione di frizione tra rinforzo e terreno tiene conto di un opportuno coefficiente di frizione $\mu = \frac{\alpha_{ds} \cdot \tan \phi'}{\gamma_{\phi'}}$, in cui α_{ds} è un opportuno coefficiente d'interazione rinforzo/terreno

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

allo scorrimento (direct sliding), dipendente dal tipo di geogriglia e di terreno (valore ipotizzato = 0.90).

5.4.2.5 Verifiche di stabilità esterna e globale - SLU di tipo geotecnico (GEO)

Le verifiche di stabilità esterna, GEO, (scorrimento sul piano di posa; collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno; ribaltamento) devono essere effettuate, sia nelle condizioni statiche che in quelle sismiche sismiche, secondo l'

Approccio 2 (A1+M1+R3)

nella fattispecie tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella Tabella 5.4 nella Tabella 5.5, rispettivamente per le azioni e i parametri geotecnici, e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali indicati nellaTabella 5.6.

Nella verifica a ribaltamento le azioni vengono amplificate tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabella 5.4 colonna A1 e secondo i coefficienti R3 della Tabella 5.6 che si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti. In generale, le ipotesi di calcolo delle spinte devono tenere conto del sovraccarico e dell'inclinazione del piano campagna, dell'inclinazione del paramento rispetto alla verticale, delle pressioni interstiziali e degli effetti della filtrazione nel terreno. Nel calcolo della spinta si può tenere conto dell'attrito che si sviluppa fra parete e terreno. I valori assunti per il relativo coefficiente di attrito devono essere giustificati in base alla natura dei materiali a contatto e all'effettivo grado di mobilitazione

In condizioni sismiche si devono porre pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e si devono impiegare le resistenze di progetto con i coefficienti parziali indicati nella Tabella 5.8.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, sia nelle condizioni statiche che sismiche sismiche, secondo l'

Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati riportati nella Tabella 5.4 nella, Tabella 5.5 rispettivamente per le azioni e i parametri geotecnici, e impiegando la resistenza di progetto con i coefficienti parziali indicati nella Tabella 5.7.

Anche in questo caso In condizioni sismiche si devono porre pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e si devono impiegare le resistenze di progetto con i coefficienti parziali indicati nella Tabella 5.9.

Le suddette verifiche di stabilità esterna e di stabilità globale sono state effettuate su due sezioni tipologiche descritte in precedenza.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

5.4.3 Risultati

Si riportano nei seguenti paragrafi i valori delle azioni e dei parametri geotecnici corretti con i relativi coefficienti precedentemente proposti ed i risultati delle verifiche di stabilità effettuate per le diverse tipologie di sezioni.

5.4.3.1 Valori di progetto corretti

Tabella 5.10: parametri geotecnici di progetto corretti con coefficienti parziali M della Tabella 5.4.

PARAMETRO		**VALORE**	**VALORE CORRETTO**	
			M1	M2
Strato (detrito di versante)				
Angolo di attrito interno	°	42.0	42.0	35.7
Coesione efficace	kPa	7.0	7.0	5.6
Riempimento Terra Rinforzata				
Angolo di attrito interno	°	37.0	37.0	31.1
Coesione efficace	kPa	0.0	0.0	0.0
Scogliera				
Angolo di attrito interno	°	48.0	48.0	41.6
Coesione efficace	kPa	5.0	5.0	0.0

5.4.3.2 SLU di tipo strutturale (STR)

Tabella 5.11: sfilamento del singolo rinforzo dal terreno

Sezione di calcolo	**Programma di calcolo**	**Combinazione**	**FS richiesto**	**FS**
Sezione 1	ReSSA	A1+M1+R3	1.00	>1.00
Sezione 2	ReSSA	A1+M1+R3	1.00	>1.00

Tabella 5.12: resistenza di design dell'elemento di rinforzo

Sezione di calcolo	**Programma di calcolo**	**Combinazione**	**FS richiesto**	**FS**
Sezione 1	ReSSA	A1+M1+R3	1.00	>1.00
Sezione 2	ReSSA	A1+M1+R3	1.00	>1.00

I risultati della stabilità interna locale (traslazione sui singoli strati di rinforzo) sono inclusi nella Tabella 5.13 del seguente paragrafo.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

5.4.3.3 SLU di tipo Geotecnico (GEO) – Stabilità esterna

Tabella 5.13: traslazione sul piano di imposta e sui singoli strati

Sezione di calcolo	Programma di calcolo	Combinazione	FS richiesto	FS statico	FS sismico
Sezione 1	ReSSA	A1+M1+R3	1.10	1.41	
		§7.11.6.2.2 NTC2018	1.00		1.37
Sezione 1	ReSSA	A1+M1+R3	1.10	1.52	
		§7.11.6.2.2 NTC2018	1.00		1.46

Non è stata eseguita alcuna verifica al ribaltamento dei manufatti in questa sede perché il tomo ha forma trapezia simmetrica e pertanto il ribaltamento non è considerato un meccanismo di rottura cinematicamente ammissibile.

Allo stesso modo la verifica di capacità portante è omessa in considerazione della natura dei terreni di fondazione e della flessibilità dell'opera.

5.4.3.4 SLU di tipo Geotecnico (GEO) – Stabilità globale

Le verifiche di stabilità globale sono state effettuate sia nelle condizioni statiche che sismiche per tutte le sezioni di progetto.

Tabella 5.14: traslazione sul piano di imposta e sui singoli strati

Sezione di calcolo	Programma di calcolo	Combinazione	FS richiesto	FS statico	FS sismico
Sezione 1	ReSSA	A2+M2+R2	1.10	1.43	
		§7.11.6.2.2 NTC2018	1.20		1.39
Sezione 1	ReSSA	A2+M2+R2	1.10	1.33	
		§7.11.6.2.2 NTC2018	1.20		1.27

5.5 Verifica dell'interazione dinamica tra blocchi e rilevato in t.r.

Le valutazioni e verifiche di seguito riportate sono state eseguite con la collaborazione del Prof. Claudio di Prisco, professore ordinario del Politecnico di Milano Dipartimento di ingegneria civile ed ambientale.

La valutazione della risposta meccanica di rilevati paramassi sollecitati dall'impatto dinamico di blocchi in roccia caratterizzati da massa e velocità note, è stata affrontata utilizzando un codice di calcolo numerico, recentemente messo a punto dal Prof. C. di Prisco, già calibrato su risultati sperimentali in vera grandezza, pubblicato su Rivista Internazionale e avente la finalità di valutare, in funzione delle grandezze che

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

caratterizzano l'impatto e una volta assegnata la geometria del rilevato, l'orma di impatto sul paramento di monte dell'opera e l'estrusione a valle.

L'opera in progetto è caratterizzata da un'elevata snellezza e cioè da un elevato rapporto fra l'altezza H e spessore medio B*. Il suo sviluppo planimetrico è caratterizzato da dimensioni in sezione (H e B*) di gran lunga inferiori alla loro lunghezza L fuori piano. Per questo motivo in campo statico è una struttura che può essere dimensionata assumendo che lavori in deformazioni piane. Al contrario, in campo dinamico (risposta all'impatto dei blocchi), la risposta dell'opera, data la geometria del grave impattante, è certamente tridimensionale.

In sezione il rilevato paramassi è caratterizzato da una forma trapezia. In particolare, è pratica comune assumere l'inclinazione del paramento di monte uguale a quella del paramento di valle. L'elevata inclinazione dei due paramenti è resa possibile dall'utilizzo di geosintetici, che assolvono la funzione di rinforzi. I geosintetici sono continui e risvoltati sui bordi. La spaziatura fra i geosintetici, per note esigenze costruttive legate all'addensamento del terreno granulare utilizzato per realizzare le opere, è imposta pari a circa 50-60 cm (Figura 5.8).

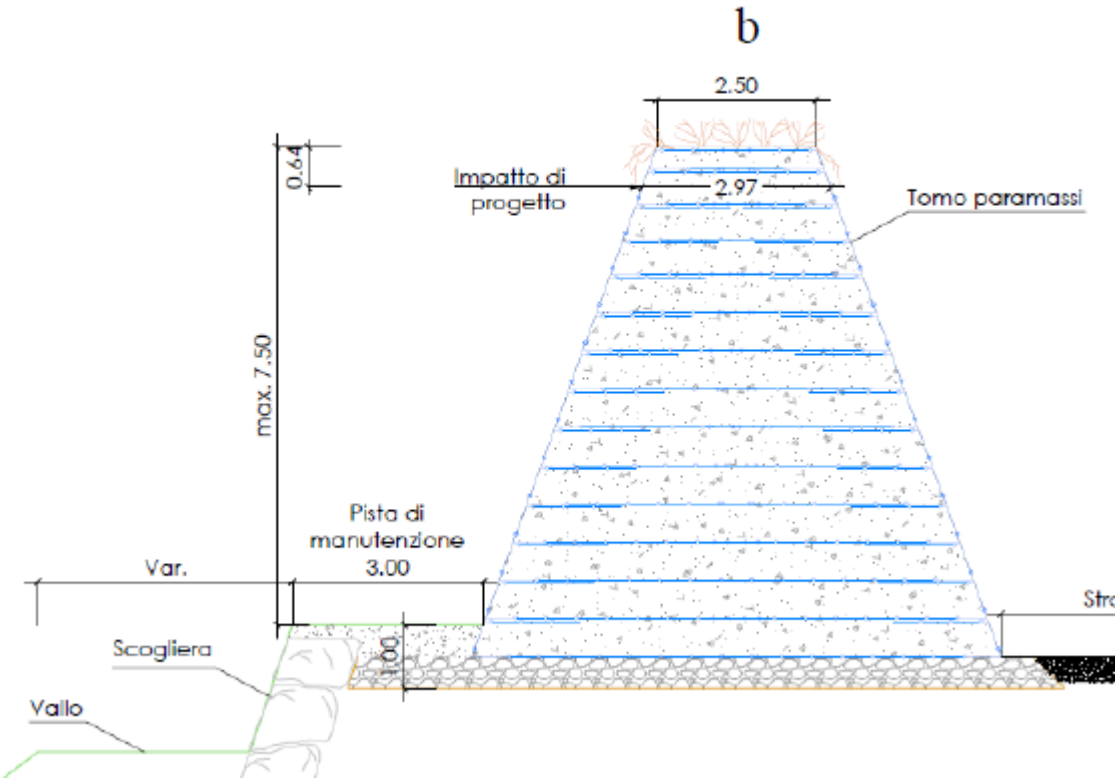


Figura 5.8: sezione del tomo paramassi.

I geosintetici assolvono una funzione prevalentemente statica, stabilizzando sia il paramento di valle che quello di monte. Durante l'impatto essi rendono il terreno solidale a strati, cosicché l'eventuale estrusione del terreno che costituisce il rilevato rinforzato, ha

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

prevalentemente luogo secondo dei volumi definiti proprio dalla presenza dei geosintetici stessi. Quanto affermato è ad esempio testimoniato dalle foto Figura 5.9, relative a prove di impatto eseguite presso il campo prove di Meano su rilevati in vera grandezza (Peila et al., 2007). I georinforzi sono stesi lungo la direzione trasversale e sono in generale caratterizzati da una larghezza di circa 1.5 m.



Figura 5.9: estrusione di parte del corpo del rilevato rinforzato lungo il paramento di valle in prove di impatto da Peila et al. (2007) e Castiglia et al. (2007).

5.5.1 Definizione dell'approccio progettuale

Come accennato nell'introduzione, le barriere paramassi devono arrestare il blocco in roccia lungo la sua traiettoria. Esse, rispetto all'oggetto impattante, sono opere deformabili. Questo significa che è ingegneristicamente ragionevole che durante l'impatto il blocco sia ipotizzabile rigido e tutta l'energia cinetica del blocco sia dissipata dal rilevato. Da un punto di vista energetico, questo significa che al blocco si debba associare unicamente un contenuto energetico cinetico, mentre al rilevato sia energia elastica deformativa che cinetica. Nel tempo parte dell'energia del blocco impattante sarà dissipata e parte sarà restituita al blocco, se esso rimbalza, oppure totalmente dissipata se il blocco si ferma all'interno del corpo del rilevato stesso. Se il rilevato non è in grado di fermare il blocco, esso sfonda l'opera di difesa e soltanto una parte dell'energia è trasmessa al rilevato, mentre la restante permette al blocco di proseguire il proprio moto verso valle.

Lo studio numerico dell'impatto del blocco su rilevati in terra rinforzata è stato effettuato da vari autori, utilizzando o il metodo degli elementi finiti o quello degli elementi discreti. In entrambi i casi la calibrazione del modello è assai complessa e le analisi numeriche estremamente onerose. In questa relazione si utilizza invece un approccio di calcolo alternativo che consiste nell'ipotizzare che grazie all'impatto del blocco in roccia sulla barriera si possano verificare due distinti meccanismi dissipativi: uno locale associato alla penetrazione del grave (esso in principio non risente della limitatezza della sezione della barriera) e l'altro di estrusione degli strati rinforzati. Il secondo meccanismo ipotizza che possa aver luogo un meccanismo di rottura, che porta alla dislocazione di un numero limitato di strati funzione della dimensione del blocco. A seconda della posizione del

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

punto di impatto (Figura 5.10), l'attivazione del meccanismo tridimensionale di estrusione sarà più o meno probabile, favorendo o sfavorendo il rimbalzo del blocco.

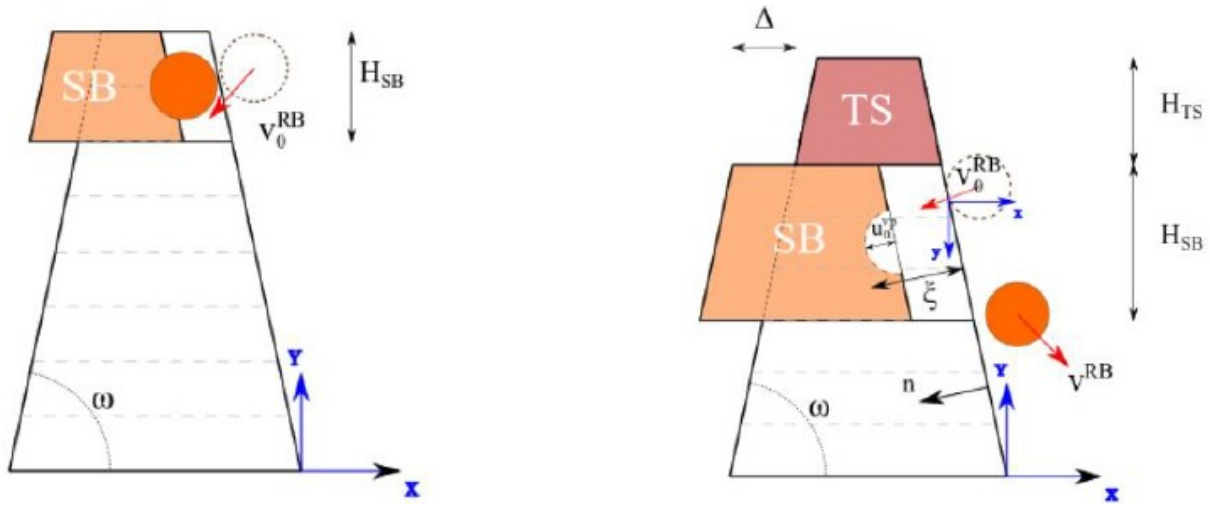


Figura 5.10: meccanismi di estrusione di parte del corpo del rilevato: (a) impatto in cresta, (b) impatto centrale con rimbalzo del blocco stesso.

Per ciò che concerne il primo meccanismo, esso è influenzato dalla velocità di impatto del grave, dalle sue dimensioni (per semplicità esso è ipotizzato di forma sferica), dall'inclinazione del paramento di monte, dall'inclinazione della traiettoria, dalle caratteristiche meccaniche del mezzo granulare che costituisce il rilevato. Una descrizione dettagliata del modello è riportata in Dattola et al. (20224).

Una rappresentazione grafica monodimensionale del modello è riportata in Figura 5.11. È evidente che si assume che i due meccanismi funzionino in serie: il blocco sferico è indicato in figura con il simbolo RB, lo slider viscoso descrive la penetrazione locale irreversibile, molla elastica e damper viscoso rappresentano la risposta elastica dell'opera (naturalmente funzione della geometria dell'opera stessa), lo slider plastico a sinistra rappresenta invece il meccanismo di estrusione. Il blocco rettangolare SB rappresenta invece la massa del terreno estruso. La geometria del blocco estruso è governata dalla dimensione del blocco impattante e dalla spaziatura dei georinforzi.

L'atto di moto del blocco estruso è ipotizzato per semplicità sempre caratterizzato da una velocità in direzione orizzontale.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

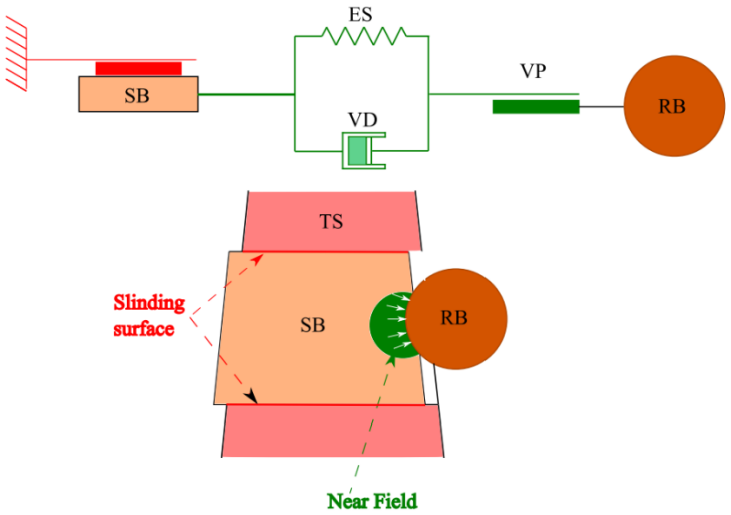


Figura 5.11: schema reologico monodimensionale del modello: (a) meccanismi in serie, (b) atto di morto del blocco potenzialmente estruso.

Secondo il modello che assume il blocco impattante come un punto materiale dotato di massa, ma che ne considera le dimensioni reali per descrivere il meccanismo di penetrazione del rilevato, il meccanismo di estrusione si attiva unicamente quando la forza trasmessa dal blocco al rilevato, proiettata in direzione orizzontale, supera la forza resistente agente lungo la stessa direzione, essendo la forza resistente funzione della profondità, ma anche della forza trasmessa dal blocco al rilevato stesso.

In assenza di estrusione, l'integrazione della legge del moto del grave (l'effetto dello spin è trascurato) permette di valutare la sua traiettoria sino al distacco o all'innesco del moto di scivolamento, l'evoluzione della velocità nel tempo, ma anche la forza che opera e grave si trasmettono reciprocamente durante il fenomeno di impatto. Nota l'evoluzione della velocità sino al momento del distacco ed assumendo che al contatto lo spostamento del grave coincida con quello del terreno, il codice di calcolo permette anche di valutare l'orma la sciata dal grave.

In Figura 5.12 sono riportati i risultati numerici relativi a differenti casi caratterizzati dalla medesima dimensione del blocco impattante (diametro pari a 1.5 m), medesima dimensione del rilevato ed altezza di impatto da terra (2.2. m) ed inclinazione (25° rispetto alla normale del paramento di monte), ma differenti valori di velocità all'impatto.

In Figura 5.12 sono illustrate le traiettorie, gli spostamenti irreversibili accumulati a monte, l'evoluzione della forza di impatto, scomposta nelle sue componenti normali e tangenziali. In Figura 5.12 è illustrata anche l'evoluzione temporale dello spostamento del blocco potenzialmente estruso.

È evidente che per velocità del blocco all'impatto inferiori a 10 m/s l'estrusione non ha luogo e il blocco necessariamente rimbalza lungo il versante di monte.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

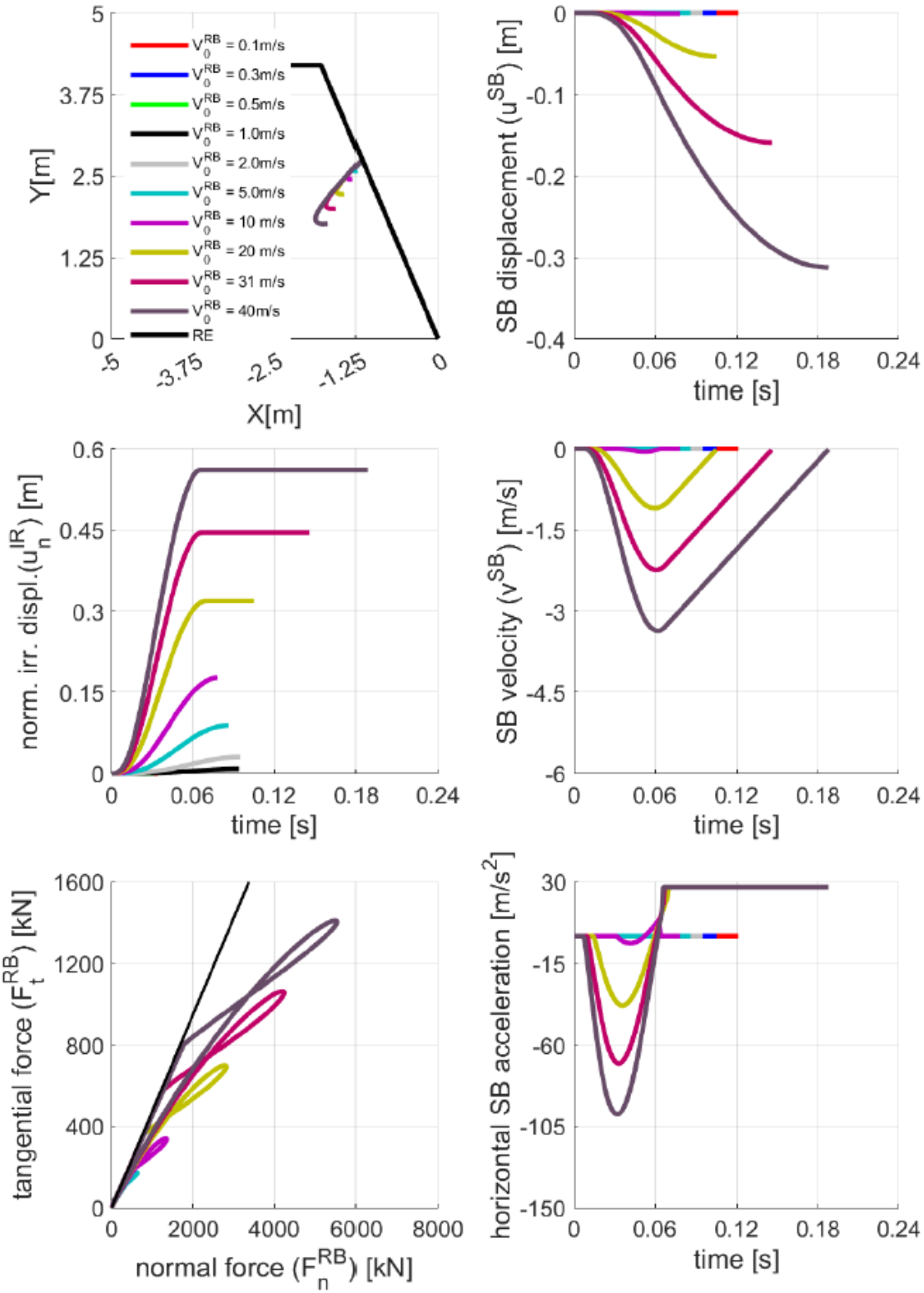


Figura 5.12: analisi parametrica svolta con il modello numerico al variare della velocità di impatto: (a) traiettoria del blocco, (b) evoluzione temporale degli spostamenti irreversibili accumulati in direzione normale al paramento di monte dallo slider viscoso, (c) percorsi di carico, (d) spostamenti del terreno estruso, (e) velocità del terreno estruso e (f) accelerazione del terreno estruso.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

5.5.2 Parametri costitutivi del modello

Il modello richiede la definizione di una serie di dati di input che riguardano essenzialmente la geometria del rilevato (descritta nel piano) e del blocco impattante e la cinematica del blocco al momento dell'impatto (velocità, direzione e punto di impatto.

Tutti questi dati sono elencarti per chiarezza in Figura 5.13.

Inoltre, è richiesta una caratterizzazione geotecnica dei materiali che costituiscono il rilevato (Figura 5.14a), ai quali si aggiungono alcuni parametri relativi al modello elasto-viscoplastico (Figura 5.14b e c) e il blocco di terreno estruso (Figura 5.14d).

Per quanto riguarda i parametri geotecnici del terreno che costituisce il rilevato, essi si riferiscono ad un materiale granulare denso e sono il peso per unità di volume, l'angolo d'attrito interno, l'angolo d'attrito di interfaccia terreno – blocco impattante e la densità relativa. Per ciò che concerne l'elemento elasto-damping, esso richiede ilo parametro di rigidezza a taglio G e il valore del modulo di Poisson (il ruolo del damper, associato al radiation damping, è trascurato e i parametri associati uguagliati a zero). L'elemento viscoplastico richiede la calibrazione di tre parametri, che però sono per sabbie dense noti da letteratura e calibrati eseguendo prove di impatto verticali su strati perfettamente orizzontali. Infine, per ciò che concerne il blocco potenzialmente estruso, si assume che l'angolo d'attrito terreno-georinforzo coincida con quello del terreno e il coefficiente di spinta che lega lo sforzo orizzontale a quello verticale è assunto pari al coefficiente di spinta passiva.

INPUT			
RE mechanical and geometrical data		**Impact data**	
Base width	B_{RE}	Velocity modulus	$\dot{u}_0^{RB}$
Height	H_{RE}	Velocity inclination	θ_0
Faces inclination	ω	***Block***	
		Mass	m^{RB}
		Diameter	D^{RB}
		Position	
		Height	$\bar{Y}$
Reinforcements		Involved layers	n_i $(i = 1 \dots n^*)$
spacing	d		
width	l		

Figura 5.13: elenco dei parametri costitutivi del modello.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

a. Geotechnical

$\gamma\left[\frac{kN}{m^3}\right]$	φ[°]	δ [°]		D_{r0}[%]
21.0	37.5	22.67		90.0

b. Elasto-Damping element

G [kPa]	ν [-]	η_n [-]	η_t [-]
5000	0.3	0.0	0.0

c. Visco-plastic element

γ_v [s^{-1}]	β [-]	$c_v[s^{-1}]$	α_{vt} [-]
4.32	0.9	0.0	2.83

d. SB parameters (Block and slider)

δ^{SB} [°]	k[-]	n_{SB}	$L_{SB}[m]$
37.5	4.11	3	1.50

Figura 5.14: elenco dei parametri costitutivi del modello.

5.5.3 Calibrazione dei parametri costitutivi

Il modello è stato calibrato/validato utilizzando i dati sperimentali ottenuti a Meano da Peila et al (2007). In particolare, oltre ai dati di input e alla descrizione dell'opera erano a disposizione sia il valore della penetrazione del blocco a monte ξ (valutata ortogonalmente al paramento) e l'estrusione media in direzione orizzontale a valle Δ. Sulla stessa struttura gli autori hanno eseguito due impatti caratterizzati da blocchi con masse ed energie cinetiche differenti. Il confronto fra le previsioni del modello e i dati sperimentali sono riportate in Figura 5.15.

Come è evidente, il modello è in grado di riprodurre in modo più che soddisfacente la penetrazione a monte ξ, mentre l'estrusione a valle nel caso di massa maggiore sembra non essere colta correttamente. Questo è dovuto al fatto che il modello assume che l'estrusione sia rigida, mentre, come evidente in Figura 5.9 (che si riferisce proprio a quella prova di impatto) i singoli strati tendono a disarticolarsi. Altrimenti, se si confronta il valore numerico non con il valore massimo di estrusione ma con quello medio, il confronto diventa assolutamente confortante.

Una attenta analisi parametrica, eseguita facendo variare velocità, direzione, punto di impatto, spessore dell'opera etc, ha inoltre mostrato chiaramente come il modello sia consistente, fornendo risultati che sposano perfettamente altri risultati sperimentali.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

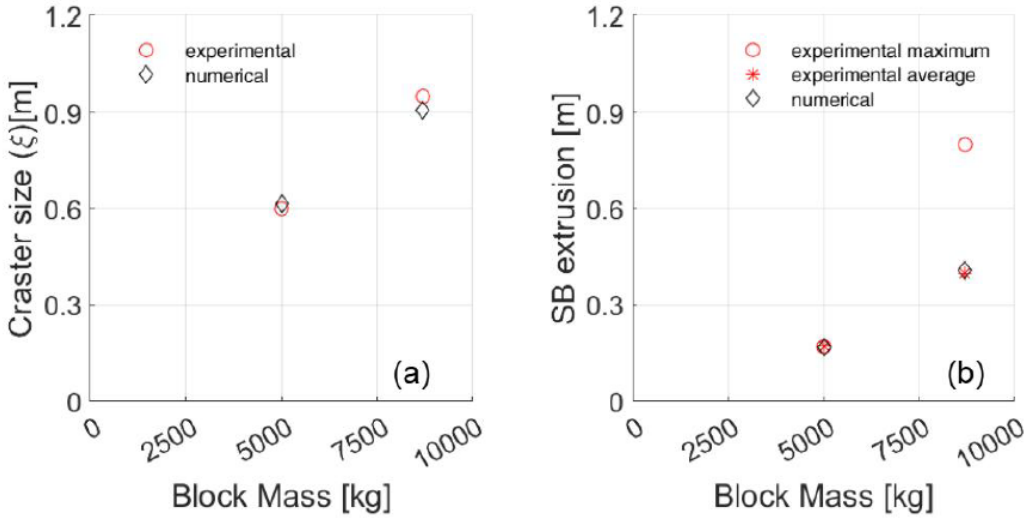


Figura 5.15: Confronto dati sperimentali e simulazioni numeriche: (a) penetrazione in direzione normale al paramento di monte e (b) estrusione in direzione orizzontale lungo il paramento di valle.

5.5.4 Descrizione dei casi analizzati

Come detto sono stati considerati due impatti di progetto per verificare il rilevato rinforzato, la cui sezione è illustrata in Figura 5.8.

I dati relativi ai due impatti di progetto sono riportati nella tabella di Figura 5.16.

Impatto 1

Raggio del blocco: 0.64m

Volume del blocco: 1.10m3

Massa del blocco: 2910.28 kg

Velocità di impatto: 25.48 m/s

Energia di impatto: 945.00 kJ

Densità materiale: 2650.37 kg/m3

Impatto 2

Raggio del blocco: 1.32m

Volume del blocco: 9.63 m3

Massa del blocco: 25533. 89kg

Velocità di impatto: 53.36 m/s

Energia di impatto: 36347.00 kJ

Densità materiale: 2650.37 kg/m3

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

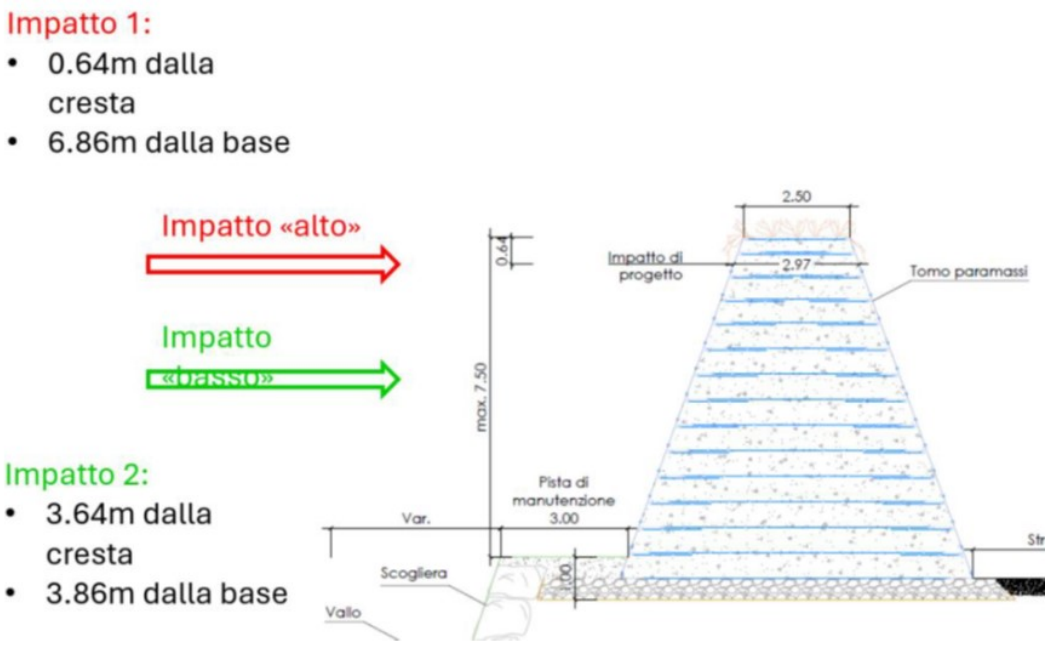


Figura 5.16: dati di input relativi ai due impatti di progetto considerati e schema geometrico della struttura impattata.

Come evidente in Figura 5.16, si tratta di due impatti estremamente differenti fra loro: l'impatto 1 riguarda la cresta dell'opera ma è caratterizzato da un contenuto energetico relativamente modesto, il secondo impatto impatta in zona mediana della sezione, ma è caratterizzato da un contenuto energetico enorme, superiore ai 30000 kJ, e un diametro del blocco impattante estremamente grande (maggiore di 2.6 m).

5.5.5 Valutazione della risposta meccanica delle opere

Qui di seguito si riportano in modo sintetico i risultati delle analisi numeriche svolte, mettendo in evidenza la relazione fra le variabili progettuali di output considerate più indicative ξ e Δ, precedentemente definiti, e un parametro di progetto: lo spessore del rilevato, associato alla sua snellezza. Le analisi numeriche sono state svolte considerando come variabile aleatoria la direzione della velocità del blocco all'impatto. La sua direzione è stata descritta in funzione di θ, cioè dell'angolo, valutato positivo in senso orario, formato dalla normale al paramento di monte dell'opera e il vettore velocità.

I valori di θ presi inconsiderazione sono tutti positivi. Infatti, poiché gli impatti di progetto non tengono conto della presenza del vallo a monte del rilevato in terra rinforzata, è parso ragionevole escludere dall'analisi quei valori di θ potenzialmente associati a rimbalzi. È chiaro che eventuali rimbalzi, con valori di θ negativi, sarebbero infatti caratterizzati da valori di energia cinetica molto meno elevati.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

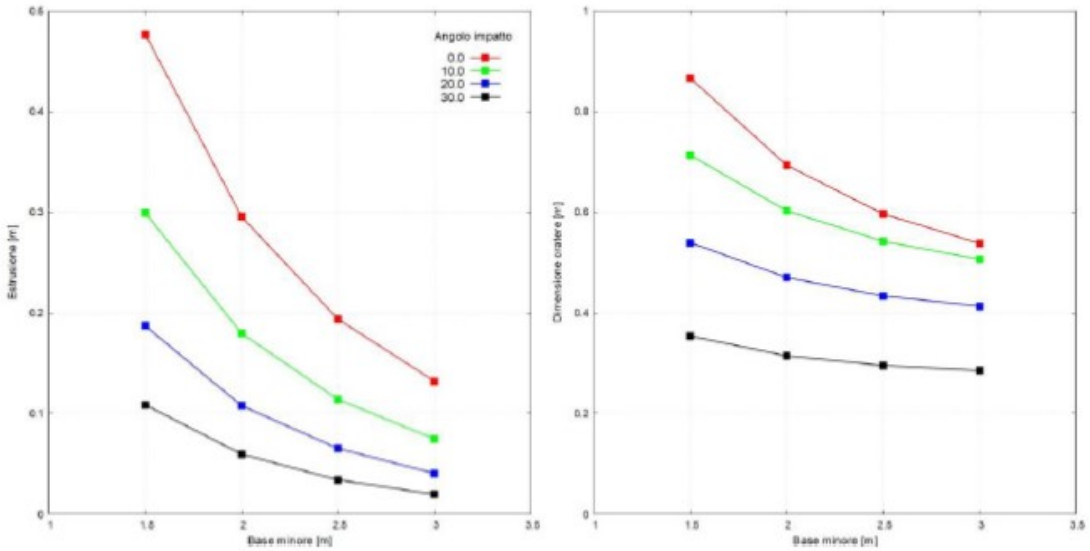


Figura 5.17: Valutazione numerica dell'estrusione massima a valle Δ (a) e della penetrazione massima a monte ξ (b) relativamente all'impatto 1 di Figura 5.16 in funzione della lunghezza della base minore.

In Figura 5.17 e Figura 5.18 sono mostrati i risultati numerici ottenuti facendo riferimento aagli impatti 1 e 2, rispettivamente.

Le curve sono ottenute per diversi valori di θ e al variare della lunghezza della base minore. Naturalmente, valori più elevati di θ sono associati, a parità del valore della base minore e quindi della snellezza dell'opera, a valori inferiori di estrusione e penetrazione.

Infatti, la forza resistente è funzione della risultante delle forze verticali agenti sul blocco di terreno estruso appartenente al rilevato e inclinazioni sull'orizzontale maggiori causano valori maggiori della componente verticale della forza di contatto.

Confrontando i risultati illustrati in Figura 5.17 con quelli di Figura 5.18, è facile osservare che nonostante il primo impatto abbia luogo in cresta, mentre il secondo nella zona medio-bassa del rilevato, data la grande differenza fra i due contenuti energetici e le dimensioni del blocco, sia le penetrazioni a monte che le estrusioni a valle sono di gran lunga più elevate nel caso del blocco 2.

Per stimare ingegneristicamente i risultati è anche sensato introdurre due ulteriori variabili adimensionali: x* e D*, definiti come:

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID
AZIENDA CERTIFICATA
ISO 9001:2015

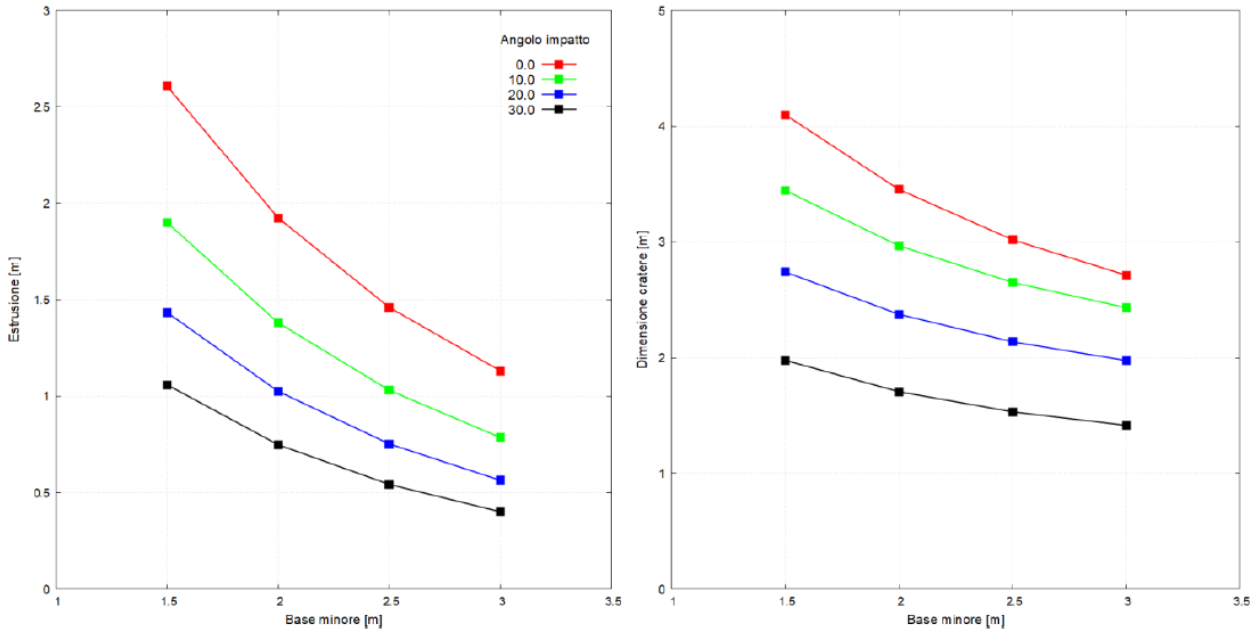


Figura 5.18: valutazione numerica dell'estrusione massima a valle Δ (a) e della penetrazione massima a monte ξ (b) relativamente all'impatto 2 di Figura 5.16 in funzione della lunghezza della base minore.

$$\xi*=\xi/b*$$

$$\Delta*=\Delta/b*$$

ove con $b*$ si intende lo spessore del rilevato rinforzato alla quota dell'impatto, dove sono valutati infatti sia la penetrazione che l'estrusione.

Se si fa riferimento a un valore della base minore di 2.5 m, corrispondente all'opera che si intende realizzare, e considerando θ = 0, si ottengono nel caso dell'impatto 1:

$\xi_1*=\xi_1/b_1*\cong 0{,}2$ e un $\Delta_1*=\Delta_1/b_1*\cong 0{,}05$.

Analogamente, per ciò che concerne l'impatto 2:

$\xi_2*=\xi 2/b_2*\cong 0{,}6$ e un $\Delta_1*=\Delta_1/b_1*\cong 0{,}2$.

5.5.6 Descrizione dettagliata dei risultati ottenuti (θ = 0, b =2,5 m)

In questo paragrafo sono illustrati nel dettaglio i due impatti di progetto di cui sopra. In particolare, in Figura 5.19 è illustrata l'evoluzione temporale delle variabili statiche (componenti normali e tangenziali al paramento di monte dell'opera della forza di impatto) e cinematiche (spostamento, velocità e accelerazione del blocco di terreno estruso e traiettoria del grave).

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

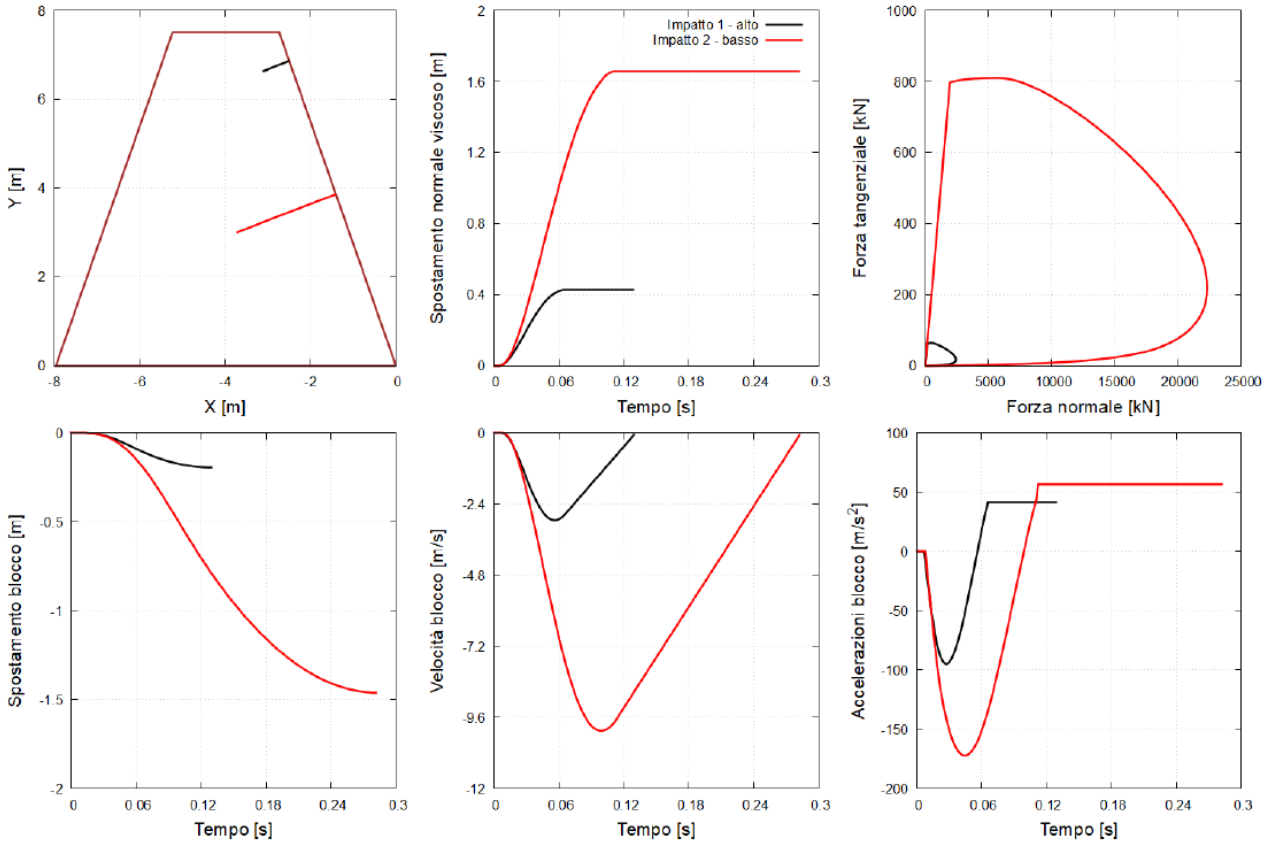


Figura 5.19: impatti n.1 e 2: (a) traiettoria del blocco, (b) evoluzione temporale degli spostamenti irreversibili accumulati in direzione normale al paramento di monte dallo slider viscoso, (c) percorsi di carico, (d) spostamenti del terreno estruso, (e) velocità del terreno estruso e (f) accelerazione del terreno estruso.

5.5.7 Osservazioni conclusive

I risultati numerici, ottenuti utilizzando il modello numerico brevemente descritto nella parte iniziale di questo documento, mostrano chiaramente che dei due impatti di progetto quello più oneroso per la struttura è il n.2, caratterizzato da un valore di energia cinetica estremamente elevato e da una dimensione del blocco assai rilevante.

Ai fini progettuali dirimente è il calcolo della penetrazione del blocco a monte e l'estrusione del terreno a valle. In particolare, a parere degli scrivente, il valore dell'estrusione di valle è un parametro progettuale che riguarda la capacità del rilevato di fermare il blocco, riducendo, quindi, il rischio che esso interferisca con eventuali strutture/infrastrutture poste a valle dell'opera.

Al contrario, la penetrazione lungo il paramento di monte è indicativo del rischio che l'impatto possa generare dei danni all'opera di protezione, che necessiterebbero di successivi interventi manutentivi.

Per permettere una valutazione quantitativa sia del rischio associato all'eventualità che l'impatto di progetto possa generare danni rilevanti all'opera di protezione, sia che l'impatto possa non essere fermato dal rilevato rinforzato, sono stati anche forniti i valori di

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

penetrazione ed estrusione normalizzati rispetto al valore locale dello spessore dell'opera (spessore valutato, cioè, alla quota del punto di monte).

In entrambi i casi, cioè per entrambi gli impatti, assumendo la forma della sezione del rilevato con spessore dell'opera in cresta pari a 2,5 m, si ottengono valori di estrusione normalizzati non superiori al 20 %.

Questo significa che per entrambi gli impatti l'opera è in grado di bloccare il masso di progetto e quindi di proteggere le strutture/infrastrutture poste a valle di essa.

Al contrario, per ciò che riguarda la penetrazione a monte normalizzata, essa è accettabile (inferiore al 20 %) nel caso dell'impatto 1, ma pari a circa il 60 % per l'impatto 2. Questo significa che con le dimensioni assunte per la larghezza in cresta del rilevato, l'opera potrebbe richiedere nel futuro interventi manutentivi di ripristino localizzati, se impattata da blocchi di dimensioni enormi aventi energia cinetica pari a circa 36000 kJ.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID ORGANISMO DI CERTIFICAZIONE AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

6 BARRIERA PARAMASSI

6.1 Descrizione sintetica dei lavori

La mitigazione del rischio in corrispondenza delle abitazioni ubicate ad Ovest della zona di intervento sarà perseguita attraverso la realizzazione di due barriere metalliche paramassi lunghe rispettivamente 40,0 30,0 m ciascuna ed alte 6,0 m.

Le azioni di impatto agenti sulla barriera paramassi dovute ad eventuali crolli ed i relativi volumi da trattenere sono stati valutati sulla base dello studio traiettografico eseguito da EG4 RISK che ha permesso di identificare nella barriera da 3000KJ (MEL) quella in grado di perseguire gli obiettivi di mitigazione del rischio.

La presente relazione affronta il tema del dimensionamento delle fondazioni così come disciplinato dalle NTC2018.

Lo schema di installazione, così come indicato nel certificato di prova, prevede la realizzazione di 22 ancoraggi per la barriera da 40,0 m e 19 ancoraggi per la barriera da 30,0 m sui quali agisce un'azione di:

- 150, 290 e 300 kN per i controventi laterali e di monte (ancoraggi flessibili);
- 120 kN per le barre di monte (barre tipo Gewi);
- 100 kN per le barre di valle (barre tipo Gewi)

L'istallazione degli ancoraggi di seguito descritti sarà preceduta da prove di tesatura fino a rottura secondo le specifiche di capitolato (eseguite su ancoraggi appositamente realizzati).

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

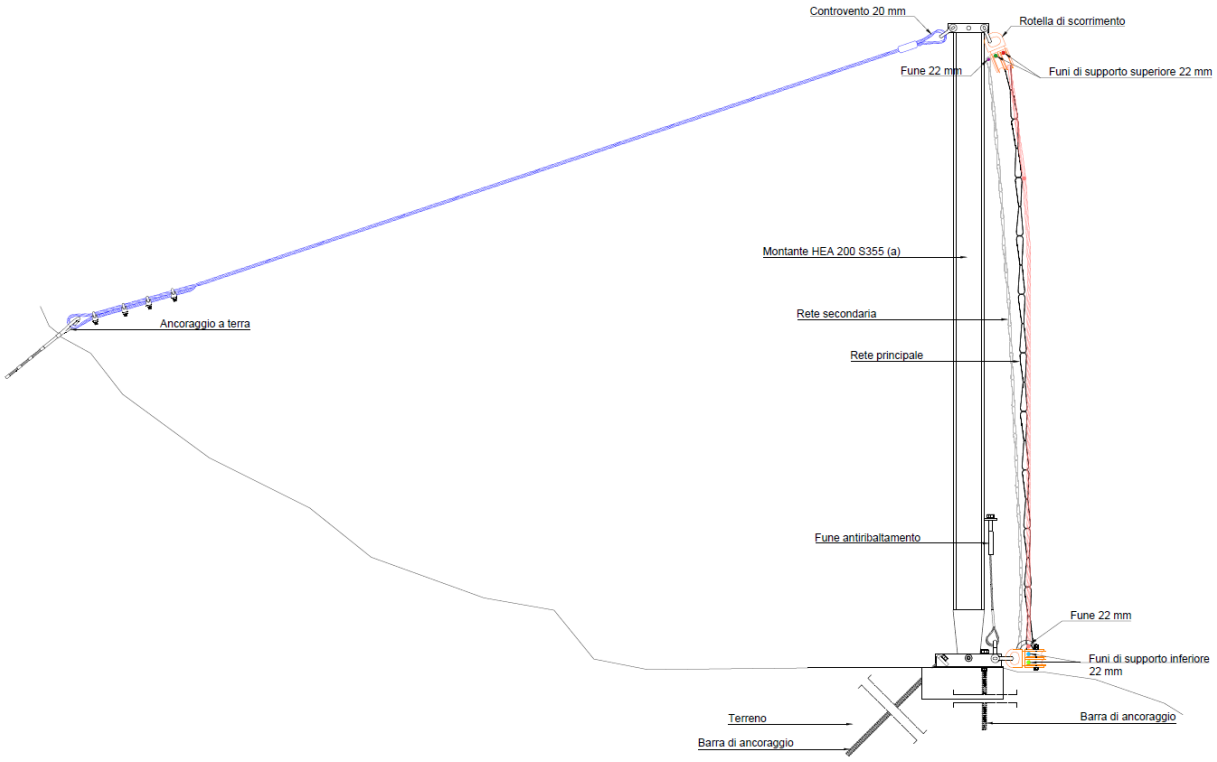


Figura 6.1: sezione tipo della barriera metallica paramassi.

6.2 *Materiali*

Per la realizzazione degli ancoraggi della barriera paramassi si prevede l'impiego dei seguenti materiali:

Malta cementizia

- Classe di resistenza C25/30
- Classe di esposizione XC2
- Tipo di cemento CEM I/II
- Resistenza cubica caratteristica a 28 giorni: R'ck≥25,0 MPa
- Rapporto a/c: 0,5
- Additivi 10-20 kg

Ancoraggi flessibili a filo ondulato

- Resistenza ancoraggi R_k = 460 kN – R_D = 400 kN
  N. fili 32 – Peso 2.6 kg/m
- Filo in acciaio
  - Classe di resistenza 1770 N/mm^2

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID ORGANISMO DI CERTIFICAZIONE AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

- Diametro filo elementare 3.50 mm
- Protezione contro la corrosione min. Lega Zn-Al (95%-5%), classe B (EN 10244-2), min. 135 g/m^2

- Tubo forma
  - Tipo di acciaio (caratt. min) S195T (EN 10027-1)
  - Tensione di rottura (min) ≥ 320 N/mm^2 e ≤ 520 N/mm^2
  - Protezione contro la corrosione min. Zincato a caldo (cl. A.1, EN 10240), min. 392 g/m^2
- Puntale
  - Tipo di acciaio (caratt. min) DX51D (UNI EN 10142)
  - Tensione di rottura (min) ≥ 270 N/mm^2 e ≤ 500 N/mm^2
  - Protezione contro la corrosione min. Zincato a caldo, min. 275 g/m^2
- Barra d'acciaio tipo Gewi
  - Diametro perforazione: 80 mm
  - Diametro barra: 32 mm
  - Lunghezza barra: 5 m
  - Acciaio: 500/550 N/mm2
    - Resistenza a snervamento 402 kN
    - Resistenza a rottura 434 kN

6.3 *Modello di riferimento*

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

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

Per il corretto dimensionamento bisogna quindi considerare i seguenti elementi:

- la verifica dell'adesione malta – substrato (Meccanismo di collasso del terreno);

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

- la verifica dell'adesione acciaio – malta (Sfilamento ancoraggio fondazione);
- la verifica della sezione di acciaio (Meccanismo di collasso elementi strutturali).

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

a) $E_D \leq R_D$

dove:

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

Come già detto in premessa, le fondazioni non sono considerate parte del kit. Come riportato nelle NTC2018, le verifiche sulle fondazione devono essere effettuate seguendo l'Approccio 2 (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.6.I delle NTC18.

6.3.1 Azioni

Le azioni che sollecitano l'ancoraggio sono azioni che non derivano dallo stato di esercizio della struttura metallica quanto piuttosto da un evento eccezionale (in termini di probabilità di accadimento), ovvero l'urto del "evento di progetto".

Ci si riferisce quindi alla combinazione eccezionale Tabelle 2.5.6 delle NTC18, ovvero:

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

Si vuole anche sottolineare il fatto che non è possibile determinare in maniera univoca le azioni sugli ancoraggi che dipendono anche dal tipo di colata che impatta la barriera.

Tuttavia, è possibile determinare e sono note le azioni che il "sistema" (funi di supporto ed elementi dissipatori di energia) può trasmettere agli ancoraggi. Tali valori sono funzione del sistema frenante utilizzato e permettono alle forze agenti di non superare determinate soglie. Per questa ragione i valori determinati durante i test in vera grandezza sono i massimi valori che il sistema fune e asola frenante può scaricare sugli ancoraggi.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID ISO 9001:2015

6.3.2 Resistenze

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

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

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

In generale si ha:

$$R_D = R\left(\gamma_F \cdot F_{\mathrm{Re}\,p}; X_k / \gamma_M; a_D\right)$$

oppure

$$R_D = R\left(\gamma_F \cdot F_{\mathrm{Re}\,p}; X_k; a_D\right) / \gamma_R$$

oppure

$$R_D = R\left(\gamma_F \cdot F_{\mathrm{Re}\,p}; X_k / \gamma_M; a_D\right) / \gamma_R$$

dove:

- F_{Rep} sono le azioni rappresentative (se influenzano la resistenza)
- X_k sono i parametri dei materiali
- a_D è l'accelerazione di progetto, nel caso sismico
- γ_M sono i fattori parziali per il terreno
- γ_R sono i fattori parziali per le resistenze

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

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

Tabella 6.1: Coefficiente parziali γ_R da applicare alla resistenza per gli ancoraggi (Tabella 6.6.I NTC18)

Inoltre, non essendo stato possibile eseguire prove di sfilamento di ancoraggio in fase di progetto, il valore della resistenza caratteristica deve essere ridotto di un fattore di correlazione (ξa) che dipende sia della modalità con cui è stata definita la resistenza allo sfilamento sia della tipologia di ancoraggi considerati:

a. dai risultati di prove di progetto su ancoraggi di prova;
b. con metodi di calcolo analitici, dai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dai risultati di prove in sito e/o di laboratorio).

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

Nel caso del presente progetto ci si trova nel caso 'b', per il quale il valore di resistenza caratteristica R_{ak} è il minore dei valori derivanti dall'applicazione dei fattori di correlazione ξ_{a3} e ξ_{a4} (riportati nella tabella 2) rispettivamente al valor medio e al valor minimo delle resistenze $R_{a,c}$ ottenute dal calcolo. Per la valutazione dei fattori ξ_{a3} e ξ_{a4} si deve tener conto che i profili di indagine sono solo quelli che consentono la completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo per il terreno di fondazione dell'ancoraggio.

$$R_{ak} = Min[\frac{(R_{a,c})_{medio}}{\xi_{a3}}; \frac{(R_{a,c})_{min}}{\xi_{a4}}]$$

Numero di profili di indagine	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
ξ_{a4}	1,80	1,70	1,65	1,60	1,55

Tabella 6.2: Fattori di correlazione ξ_a per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero di profili di indagine (Tabella 6.6.III NTC18).

6.4 Modello di calcolo

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

- la verifica dell'adesione malta – substrato (Meccanismo di collasso del terreno);
- la verifica dell'adesione acciaio – malta (Sfilamento ancoraggio fondazione);
- la verifica della sezione di acciaio (Meccanismo di collasso elementi strutturali).

6.4.1 Verifica dell'interfaccia malta – substrato

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

b) $$F_D \leq \frac{R_{ac}}{\gamma_R}$$

dove:

- F_D azione di progetto, nel caso in esame si tratta di un'azione eccezionale
- R_{ac} valore massimo di resistenza a sfilamento
- γ_R è il fattore di sicurezza parziale

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

- F_D è l'azione di progetto sull'ancoraggio

Mentre R_{ac} è pari a (Bustamante M. & Doix B.):

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

Dove:

- D_s è il diametro reale del bulbo, considerando un coefficiente maggiorativo dipendente dalle proprietà geotecniche del terreno di fondazione e dal tipo di iniezione utilizzato;
- L è la lunghezza dell'ancoraggio;
- q_s è la resistenza unitaria limite allo scorrimento;
- ξ_a è il fattore parziale sulla determinazione di q_s.

Il diametro reale del bulbo viene calcolato con la seguente formula, inserendo il coefficiente maggiorativo α_d (a seconda della tecnica di iniezione utilizzata) e il diametro di perforazione D_d.

$$D_s = \alpha_d \cdot D_d$$

Sostituendo la formula c) nella b) e risolvendola per la lunghezza di ancoraggio, si ottiene:

d) $$L \geq \frac{\gamma_R \cdot \zeta_a \cdot F_D}{\pi \cdot D_s \cdot q_s}$$

6.4.2 Verifica dell'interfaccia acciaio – malta

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

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

dove:

- F_D azione di progetto, nel caso in esame si tratta di un'azione eccezionale
- γ_M fattore parziale per l'adesione acciaio - malta, pari a 1.5
- γ_{a-m} adesione acciaio-malta
- S_{Lat} superficie effettiva di contatto malta – acciaio

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

- *L* lunghezza dell'ancoraggio

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

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

Da cui sostituendo le equazioni sotto riportate diventa:

$$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk};$$

dove η =1 per diametri ≤ 32 e pari a $\eta = \frac{(132-\phi)}{100}$ per barre con diametro superiore, nel caso specifico si assume diametro ϕ = 40mm.

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

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

$$\tau_{a-m} = \frac{2.25 \cdot 0.92 \cdot 0.7 \cdot 0.3 \cdot fck^{2/3}}{1.5}$$

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

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

$$S_{Lat} = \pi \cdot d$$

dove *d* è il diametro della barra.

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

$$S_{Lat} = \gamma_{geom} \cdot 2 \cdot \pi \cdot d \qquad S_{Lat} = 0.8 * 2 * \pi * d_{ancoraggio}$$

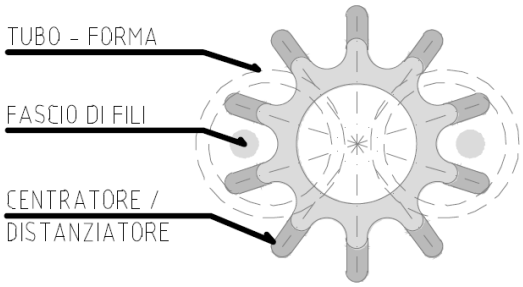
dove γ_{geom} è un fattore di riduzione, pari a 0.80, dovuto al fatto che le due funi accoppiate non sviluppano una superficie di contatto con la malta pari alla somma delle due superfici delle singole funi.

Nel caso di ancoraggi flessibili in filo ondulato bisogna tenere conto della posizione del fascio di fili:

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015



Dalla e), inserendo la formula f), in funzione del caso analizzato, si ricava la lunghezza dell'ancoraggio.

g) $$L \geq \frac{\gamma_M \cdot F_D}{S_{lat} \cdot \tau_{a-m}}$$

6.4.3 Verifica sezione acciaio

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

h) $$F_d \leq \frac{f_{yc} \cdot A}{\gamma_s} = R_d$$ per la verifica a trazione

dove:

- F_D azione di progetto, nel caso in esame si tratta di un'azione eccezionale
- f_{yc} valore rappresentativo della resistenza a snervamento dell'ancoraggio
- A sezione dell'acciaio
- γ_S fattore parziale dell'acciaio, pari a 1.15
- R_D resistenza di progetto dell'ancoraggio

La tipologia di ancoraggi utilizzata ha come peculiarità il fatto di essere flessibile e di assumere la direzione delle azioni a cui è sottoposto. Il carico agente si tramuta quindi in carico a trazione e non si generano azioni di taglio.

Viene quindi omessa la verifica a taglio sulla sezione d'acciaio.

6.5 *Azioni di progetto sugli ancoraggi*

Il carico agente sugli ancoraggi di fondazione di una barriera contro la caduta massi è estremamente variabile in funzione dei meccanismi di impatto e sollecitazione della struttura. È pur vero che sono stati misurati in occasione di eventi monitorati i carichi trasferiti alle fondazioni, ma la dispersione dei dati è tale che non possa essere

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

determinato con sufficiente precisione il valore. Per questo motivo, si assume che il carico agente sugli ancoraggi non possa essere superiore al valore del carico massimo che il "sistema" funi di supporto più freni ad anello, è in grado di trasferire agli ancoraggi stessi. Tale valore per le barriere in oggetto risulta pari a 300 kN per gli ancoraggi flessibili e 120 kN per le barre tipo Gewi.

6.6 *Dimensionamento degli ancoraggi*

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

1) F_d azione di progetto;

Ancoraggi flessibili	300 kN
Barre tipo Gewi	120 kN

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

Ancoraggi flessibili laterali e di monte:

Ancoraggi flessibili costituito da filo ondulato in acciaio ad alta resistenza avente R_k=460 kN e R_d=400 kN.

Barre tipo Gewi:

Barre in acciaio 500/550 a filettatura continua aventi R_k=499 kN e R_d=434 kN.

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

Dalla formulazione f), considerando un valore di f_{ck} pari a 20 N/mm^2 nell'ipotesi di impiegare una miscela con C25/30, si ottiene $\tau_{a\text{-}m}$ = 2.13 N/mm^2 e ancoraggio con diametro pari a 32 mm.

4) γ_M fattore parziale per l'adesione malta – acciaio

Pari a 1.5 sia per gli ancoraggi flessibili che per le barre tipo Gewi.

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

Ancoraggi flessibili:

S_{Lat} = 119.7 mm^2/m

Barre tipo Gewi:

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

S_{Lat} = 100.48 mm^2/m

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

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

7) D_s è il diametro reale del bulbo considerando un coefficiente maggiorativo (a_s)

Ancoraggi flessibili:

D_d [diametro di perforazione] = 80 mm

Barre tipo Gewi:

D_d [diametro di perforazione] = 80 mm

Per entrambe le tipologie di ancoraggi in progetto, si considera un valore di a_s a favore di sicurezza pari a 1,0; qualora si abbiano indicazioni specifiche si può valutare la tabella delle Raccomandazioni AICAP, nel caso di iniezione globale con processo di messa in pressione unico (IGU), per terreno definito come Deposito alluvionale fine.

TERRENO	Valori di α		Quantità minima di miscela consigliata	
	IRS	IGU	IRS	IGU
Ghiaia	1.8	1.3 - 1.4	1.5 Vs	1.5 Vs
Ghiaia sabbiosa	1.6 - 1.8	1.2 - 1.4	1.5 Vs	1.5 Vs
sabbia ghiaiosa	1.5 - 1.6	1.2 - 1.3	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia grossa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia media	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia fine	1.4 - 1.5	1.1 -1.2	1.5 Vs	1.5 Vs
Sabbia limosa	1.4 - 1.5	1.1 - 1.2	(1.5 - 2) Vs	1.5 Vs
Limo	1.4 - 1.6	1.1 - 1.2	2 Vs	1.5 Vs
Argilla	1.8 - 2.0	1.2	(2.5 - 3) Vs	(1.5 - 2) Vs
Marne	1.8	1.1 - 1.2	(1.5 - 2) Vs per strati compatti	
Calcari marnosi	1.8	1.1 - 1.2	(2 - 6) Vs o più per strati fratturati	
Calcari alterati o fratturati	1.8	1.1 - 1.2		
Roccia alterata e/o fratturata	1.2	1.1	(1.1 - 1.5) Vs per strati poco fratturati; 2 Vs o più per strati fratturati	

8) L, lunghezza degli ancoraggi

Ancoraggi flessibili:

L = 8 m

Barre tipo Gewi:

L= 5 m

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

9) ξ_a fattore parziale sulla determinazione di qs

ξ_a pari a 1.7, definito sulla base della "Tabella 2" riportata all'interno del precedente capitolo "1.2.2 Resistenze".

10) q_s è la resistenza unitaria limite allo scorrimento

La resistenza unitaria viene ricavata da bibliografia che risulta essere pari a 0.35 N/mm^2.

11) γ_R fattore di sicurezza parziale per ancoraggi permanenti

Pari a 1.2 per entrambe le tipologie di ancoraggi.

6.6.1 Ancoraggi flessibili

Verifica sfilamento malta di iniezione – substrato

$$L_1 \geq \frac{\gamma_R \cdot \xi_a \cdot F_D}{\pi \cdot D_s \cdot \tau_{substrato-malta}} = \frac{1.2 \cdot 1.7 \cdot 300000}{\pi \cdot 80 \cdot 0.35} = 7218\ mm$$

Avendo dimensionato la lunghezza dell'ancoraggio flessibile pari a 8 m, la condizione risulta quindi verificata poiché:

$$8\ m > 7.22\ m$$

Verifica sfilamento acciaio – malta

$$L_2 \geq \frac{\gamma_M \cdot F_D}{S_{lat} \cdot \tau_{acciaio-malta}} = \frac{1.5 \cdot 300000}{119.7 \cdot 2.13} = 1800\ mm$$

Avendo dimensionato la lunghezza dell'ancoraggio flessibile pari a 8 m, la condizione risulta quindi verificata poiché:

$$8\ m > 1.8\ m$$

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

Verifica della sezione di acciaio:

$$F_d \leq R_d \quad 300\,kN \leq 400\,kN$$ [soddisfatto]

6.6.2 Barre tipo Gewi

Verifica sfilamento malta di iniezione – substrato

$$L_1 \geq \frac{\gamma_R \cdot \xi_a \cdot F_D}{\pi \cdot D_s \cdot \tau_{substrato-malta}} = \frac{1.2 \cdot 1.7 \cdot 120000}{\pi \cdot 80 \cdot 0.35} = 2783\,mm$$

Avendo dimensionato la lunghezza dell'ancoraggio flessibile pari a 5 m, la condizione risulta quindi verificata poiché:

$$5\,m > 2.80\,m$$

Verifica sfilamento acciaio – malta

$$L_2 \geq \frac{\gamma_M \cdot F_D}{S_{lat} \cdot \tau_{acciaio-malta}} = \frac{1.5 \cdot 120000}{100.48 \cdot 2.13} = 841\,mm$$

Avendo dimensionato la lunghezza dell'ancoraggio flessibile pari a 5 m, la condizione risulta quindi verificata poiché:

$$5\,m > 0.8\,m$$

Verifica della sezione di acciaio:

$$F_d \leq R_d \quad 120\,kN \leq 434\,kN$$ [soddisfatto]

6.6.3 Ancoraggi di prova

Il dimensionamento della lunghezza degli ancoraggi è stato eseguito considerando un valore di q_s, resistenza unitaria limite allo scorrimento, pari a 0.45 N/mm^2, definito sulla

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID ISO 9001:2015

base degli esiti delle indagini geognostiche. Tale valore dovrà essere verificato sulla base di una specifica prova di sfilamento da eseguirsi su un ancoraggio appositamente realizzato in corrispondenza del punto di installazione della barriera ed avente le stesse caratteristiche di quelli di progetto.

6.7 *Influenza delle azioni sismiche*

Per quanto riguarda l'influenza delle azioni sismiche sulle fondazioni si valuta quanto e se queste debbano essere considerate nel dimensionamento. In pratica per il calcolo delle azioni sulle fondazioni in caso di sisma si ricade nella situazione delle combinazioni rare di forze, quindi, si considerano solo la forza peso e le azioni indotte dal sisma, con i coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa in vigore. Tale azione, che dipende principalmente dal peso stesso della barriera e dai coefficienti sismici del luogo, risulta significativamente inferiore rispetto alle azioni sollecitanti nel caso di impatto di un blocco.

Si parla di rapporto tra le azioni di circa 1 a 20; per tale ragione le azioni sismiche possono essere trascurate nel calcolo delle fondazioni. Si può quindi concludere che se le fondazioni sono calcolate tenendo conto della natura dei terreni e delle azioni di progetto fornite dai risultati dei test in vera grandezza, non sussiste alcun pericolo per la struttura indotto dalla sollecitazione sismica definita per la zona in esame.

Alla luce dalle nuove Norme Tecniche, sono state verificate le sezioni di acciaio e le lunghezze di ancoraggio delle barriere contro la caduta massi in oggetto, le quali sono riportate di seguito:

Tipologia	**Lunghezza [m]**
Ancoraggio flessibile	8
Barra tipo Gewi	5

Tabella 6.4: Riepilogo della lunghezza degli ancoraggi.

Con riferimento al giudizio motivato di accettabilità dei risultati si segnala che con riferimento al sistema barriera il certificato attestante l'esito positivo del test in vera grandezza comprova in modo sufficiente l'attendibilità dei livelli prestazionali indicati.

Nel caso del dimensionamento degli ancoraggi sono state utilizzate formule analitiche (Bustamante M. & Doix B. (1985)) di comprovata affidabilità senza l'impiego di codici di calcolo.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID ORGANISMO DI CERTIFICAZIONE AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

7 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I calcoli di dimensionamento sono stati eseguiti utilizzando i seguenti software:

- FHWA (Federal Highway Administration) – ReSSA;
- GEOSTRU PS 2018;

I risultati ottenuti dalle elaborazioni sono stati oggetto di valutazione, attraverso comparazioni con gli esempi riportati nei manuali dei succitati software, e l'esame dei risultati mostra un comportamento della struttura corrispondente alle attese. Per queste motivazioni ed in accordo con le formulazioni teoriche ampiamente consolidate e presenti nella letteratura geotecnica i risultati si possono ritenere accettabili.

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001:2015

ALLEGATI: TABULATI VERIFICHE DI STABILITA'

STUDIO CANCELLI ASSOCIATO
via Sansovino 23 - 20133 Milano
Tel.: 02 45488725 - 02 2666005
Fax: 02 45488726
E-mail: info@studiocancelli.eu

IMAGEO

AID
AZIENDA CERTIFICATA
ISO 9001:2015

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

294_CMVC Novate

Report created by ReSSA(3.0): Update #4.21: Copyright (c) 2001-2016, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title:	294_CMVC Novate
Project Number:	sezione tipo 1 -
Client:	
Designer:	Studio Cancelli Associato

Description:
Analisi Statica Stabilità globale A2M2R2 - NTC 2018

Company's information:

Name:
Street:
,
Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: X:\Progett ..... G\PRO2024\ITA\SS\SEZ. 1 Statica globale A2M2R2.MSE
Original date and time of creating this file: Wed Apr 11 16:29:50 2018

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

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)

SOIL DATA

=========== Soil Layer #: ===========	Unit weight, γ [kN/m ³]	Internal angle of friction, ϕ [deg.]	RFtan=1.25	Cohesion, c [kPa]	RFcoh=1.25
.1.......Terreno riempimento............................	18.0	38.0	32.0	0.0	0.0
.2.......scogliera...	24.0	48.0	41.6	5.0	4.0
.3.......terreno in sito.......................................	19.0	42.0	35.8	7.0	5.6

REINFORCEMENT

Reinforcement Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
1	TENAX TT 045 GS	45.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

Interaction Parameters Type #	Geosynthetic Designated Name	== Direct Sliding == Cds-phi	Cds-c	==== Pullout ==== Ci	Alpha
1	TENAX TT 045 GS	0.90	0.00	0.90	1.00

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

Water is not present

SEISMICITY

Not Applicable

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - GENERAL - 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.

GEOMETRY

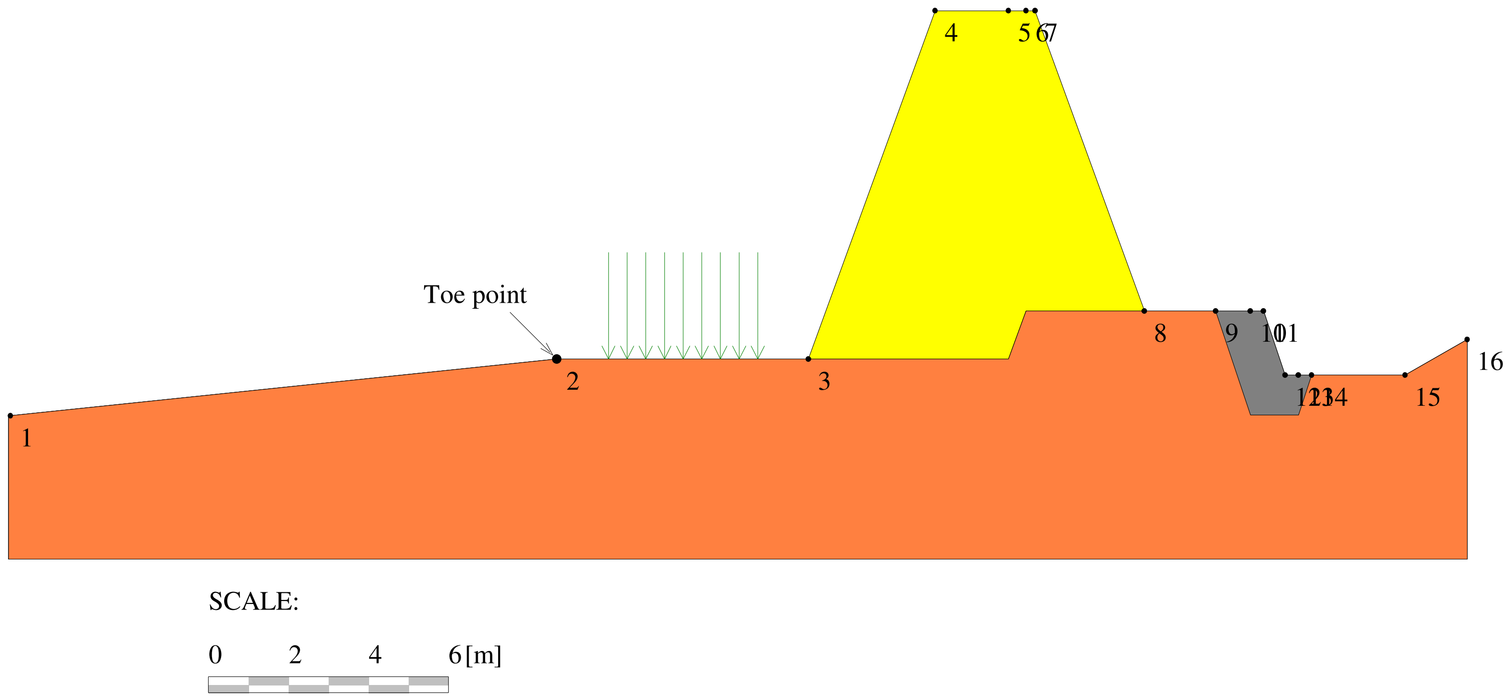
Soil profile contains 3 layers (see details in next page)

UNIFORM SURCHARGE

Load Q1 = 13.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 95.00 and ends at X1e = 99.00 [m].
Surcharge load, Q2....................................None
Surcharge load, Q3....................................None

STRIP LOAD

............................None...................................



Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

TABULATED DETAILS OF GEMERAL SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

	#	Xi	Yi
Top of Layer 1	1	80.05	118.58
	2	93.71	120.00
	3	100.00	120.00
	4	103.17	128.70
	5	105.67	128.70
	6	108.40	121.20
	7	111.38	121.20
	8	111.92	119.60
	9	114.92	119.60
	10	116.47	120.49
Top of Layer 2	11	80.05	118.58
	12	93.71	120.00
	13	100.00	120.00
	14	105.00	120.00
	15	105.44	121.20
	16	111.38	121.20
	17	111.92	119.60
	18	114.92	119.60
	19	116.47	120.49
Top of Layer 3	20	80.05	118.58
	21	93.71	120.00
	22	100.00	120.00
	23	105.00	120.00
	24	105.44	121.20
	25	110.18	121.20
	26	111.05	118.60
	27	112.25	118.60
	28	112.58	119.60
	29	114.92	119.60
	30	116.47	120.49

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

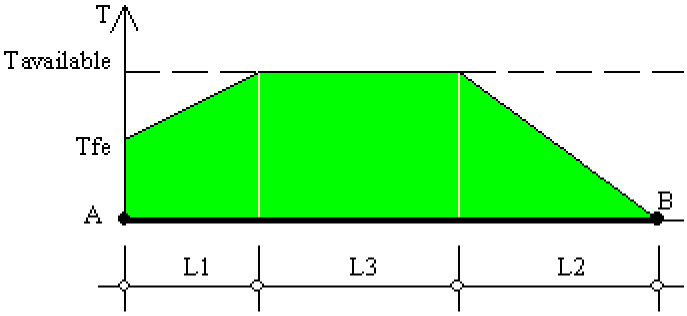
TABULATED DETAILS OF SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

#	X	Y1	Y2	Y3
1	80.05	118.58	118.58	118.58
2	93.71	120.00	120.00	120.00
3	100.00	120.00	120.00	120.00
4	103.17	128.70	120.00	120.00
5	105.00	128.70	120.00	120.00
6	105.44	128.70	121.20	121.20
7	105.67	128.70	121.20	121.20
8	108.40	121.20	121.20	121.20
9	110.18	121.20	121.20	121.20
10	111.05	121.20	121.20	118.60
11	111.38	121.20	121.20	118.60
12	111.92	119.60	119.60	118.60
13	112.25	119.60	119.60	118.60
14	112.58	119.60	119.60	119.60
15	114.92	119.60	119.60	119.60
16	116.47	120.49	120.49	120.49

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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, Fs-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	TENAX TT 045 GS	0.00	5.00	0.00	0.16	4.84	18.44	18.44
2	TENAX TT 045 GS	0.60	5.00	0.00	0.17	4.83	18.44	18.44
3	TENAX TT 045 GS	1.20	7.95	0.00	0.98	6.97	18.44	18.44
4	TENAX TT 045 GS	1.80	7.51	0.00	0.98	6.53	18.44	18.44
5	TENAX TT 045 GS	2.40	7.08	0.00	0.99	6.09	18.44	18.44
6	TENAX TT 045 GS	3.00	6.64	0.00	0.99	5.65	18.44	18.44
7	TENAX TT 045 GS	3.60	6.20	0.00	0.98	5.22	18.44	18.44
8	TENAX TT 045 GS	4.20	5.77	0.00	0.99	4.78	18.44	18.44
9	TENAX TT 045 GS	4.80	5.33	0.00	0.99	4.34	18.44	18.44
10	TENAX TT 045 GS	5.40	4.89	0.00	0.98	3.91	18.44	18.44
11	TENAX TT 045 GS	6.00	4.46	0.00	0.99	3.47	18.44	18.44
12	TENAX TT 045 GS	6.60	4.02	0.00	1.02	3.00	18.44	18.44
13	TENAX TT 045 GS	7.20	3.58	0.00	1.17	2.41	18.44	18.44
14	TENAX TT 045 GS	7.80	3.15	0.00	1.68	1.47	18.44	18.44

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

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	93.71	120.00	93.71	120.00	93.71	120.00	0.00	N/A	#10 - Overhanging Cliff
2	103.68	128.70	100.01	120.12	91.74	128.73	11.94	4.82	
3	104.15	128.70	100.03	120.11	93.04	128.76	11.11	2.61	
4	104.63	128.70	99.98	120.06	94.20	128.74	10.43	1.93	
5	105.10	128.70	100.00	120.07	94.97	128.87	10.14	1.68	
6	105.58	128.70	100.00	120.05	95.97	128.78	9.61	1.52	
. 7	106.06	127.64	99.99	120.03	97.91	127.91	8.15	1.43 .	OK
8	106.53	126.33	100.01	120.04	96.88	129.81	10.26	1.45	
9	107.01	125.03	99.97	120.02	97.28	131.25	11.54	1.58	
10	107.48	123.72	99.96	120.01	97.23	135.06	15.29	1.95	
11	107.96	122.41	93.38	119.98	99.20	130.01	11.60	2.80	
12	108.44	121.20	91.00	119.82	98.90	130.84	13.56	3.46	
13	108.91	121.20	90.46	119.67	98.74	131.91	14.77	3.74	
14	109.39	121.20	88.42	119.54	97.84	133.79	17.09	4.02	
15	109.86	121.20	86.73	119.41	97.11	135.62	19.25	4.29	
16	110.34	121.20	86.79	119.36	97.24	137.19	20.67	4.55	
17	110.81	121.20	86.85	119.33	97.53	136.97	20.62	4.83	
18	111.29	121.20	86.90	119.30	97.76	137.35	21.07	5.10	
19	111.77	120.06	86.86	119.33	98.90	134.09	19.04	6.49	
20	112.24	119.60	86.86	119.34	99.42	132.70	18.34	7.63	
21	112.72	119.60	86.70	119.49	99.65	132.96	18.68	8.29	
22	113.19	119.60	86.74	119.46	99.90	132.74	18.69	9.02	
23	113.67	119.60	86.77	119.43	100.14	132.52	18.71	9.93	
24	114.15	119.60	86.85	119.34	100.35	134.76	20.49	10.90	
25	114.62	119.60	86.91	119.29	100.59	135.59	21.28	12.05	
26	115.10	119.70	86.73	119.44	100.76	136.39	22.01	13.03	
27	115.57	119.97	86.82	119.35	100.76	139.83	24.77	13.43	
28	116.05	120.25	86.91	119.29	100.71	143.20	27.60	13.70	
29	116.52	120.49	86.71	119.40	100.65	146.26	30.27	13.94	
30	117.00	120.49	86.77	119.36	100.79	149.07	32.85	15.00	

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.

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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 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	86.84	119.33	107.01	125.03	93.88	132.97	15.35	2.81	
2	87.06	119.42	107.01	125.03	94.07	132.75	15.07	2.78	
3	87.49	119.40	107.01	125.03	94.37	132.18	14.52	2.74	
4	87.72	119.48	107.01	125.03	94.36	132.68	14.78	2.71	
5	88.15	119.46	107.01	125.03	94.56	132.46	14.50	2.68	
6	88.40	119.53	107.01	125.03	94.86	131.89	13.95	2.64	
7	88.83	119.51	107.01	125.03	94.85	132.36	14.19	2.61	
8	89.08	119.58	107.01	125.03	95.16	131.79	13.64	2.57	
9	89.34	119.65	107.01	125.03	95.56	130.94	12.89	2.54	
10	89.78	119.62	107.01	125.03	95.56	131.35	13.08	2.51	
11	90.05	119.68	107.01	125.03	95.56	131.77	13.29	2.48	
12	90.32	119.74	107.01	125.03	95.86	131.22	12.75	2.45	
13	90.77	119.71	107.01	125.03	96.26	130.41	12.02	2.42	
14	91.06	119.76	107.01	125.03	96.27	130.77	12.17	2.39	
15	91.38	119.80	106.53	126.33	96.29	129.26	10.65	2.36	
16	91.67	119.86	106.53	126.33	96.59	128.86	10.26	2.33	
17	91.97	119.90	106.53	126.33	96.61	129.09	10.30	2.30	
18	92.28	119.94	106.53	126.33	96.92	128.69	9.90	2.27	
19	92.75	119.90	106.53	126.33	97.22	128.31	9.52	2.25	
20	93.07	119.94	106.53	126.33	97.16	128.70	9.67	2.22	
21	93.39	119.97	106.53	126.33	97.46	128.31	9.28	2.19	
22	93.62	120.04	106.53	126.33	97.40	128.68	9.43	2.17	
23	93.97	120.03	106.53	126.33	97.62	128.43	9.15	2.15	
24	94.27	120.04	106.53	126.33	97.93	128.00	8.76	2.13	
25	94.62	120.03	106.53	126.33	98.15	127.77	8.50	2.13	
26	94.94	120.03	106.53	126.33	98.10	128.03	8.60	2.13	
27	95.28	120.02	106.53	126.33	98.04	128.29	8.72	2.08	
28	95.58	120.03	106.53	126.33	98.37	127.85	8.30	2.04	
29	95.97	120.01	106.53	126.33	98.51	127.75	8.15	2.00	
30	96.22	120.03	106.53	126.33	98.65	127.64	7.99	1.96	
31	96.53	120.03	106.53	126.33	98.70	127.68	7.95	1.93	
32	96.84	120.03	106.53	126.33	98.74	127.71	7.91	1.90	
33	97.23	120.01	106.53	126.33	98.90	127.57	7.74	1.87	
34	97.57	120.01	106.53	126.33	99.16	127.27	7.43	1.84	
35	97.88	120.01	106.53	126.33	99.00	127.56	7.63	1.80	
36	98.15	120.01	106.53	126.33	99.17	127.38	7.44	1.77	
37	98.54	120.00	106.53	126.33	99.34	127.20	7.24	1.74	
38	98.82	120.01	106.53	126.33	99.52	127.02	7.04	1.73	
39	99.21	120.00	106.53	126.33	99.71	126.82	6.84	1.73	
40	99.94	120.08	106.06	127.64	98.19	127.75	7.87	1.46	
41	99.99	120.03	106.06	127.64	97.91	127.91	8.15	1.43	OK
42	100.13	120.55	106.06	127.64	98.51	127.93	7.56	1.69	
43	100.51	121.45	106.06	127.64	99.22	128.18	6.86	1.74	
44	100.84	122.34	106.06	127.64	100.36	128.04	5.71	2.19	
45	101.12	123.23	106.06	127.64	100.70	128.66	5.45	2.26	
46	101.48	124.13	106.06	127.64	101.80	128.44	4.33	3.33	
47	101.78	125.02	106.06	127.64	102.57	128.53	3.59	3.49	
48	102.12	125.93	106.06	127.64	103.58	127.95	2.49	7.41	
49	102.47	126.80	106.06	127.64	103.60	130.05	3.44	6.33	
50	102.79	127.69	105.58	128.70	103.95	128.84	1.63	31.09	

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.

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

CRITICAL RESULTS OF ROTATIONAL AND TRANSLATIONAL STABILITY ANALYSES

Rotational (Circular Arc; Bishop) Stability Analysis with slip surfaces excluded from this polygon:

Minimum Factor of Safety = 1.43

Critical Circle: Xc = 97.91[m], Yc = 127.91[m], R = 8.15[m]. (Number of slices used = 52)

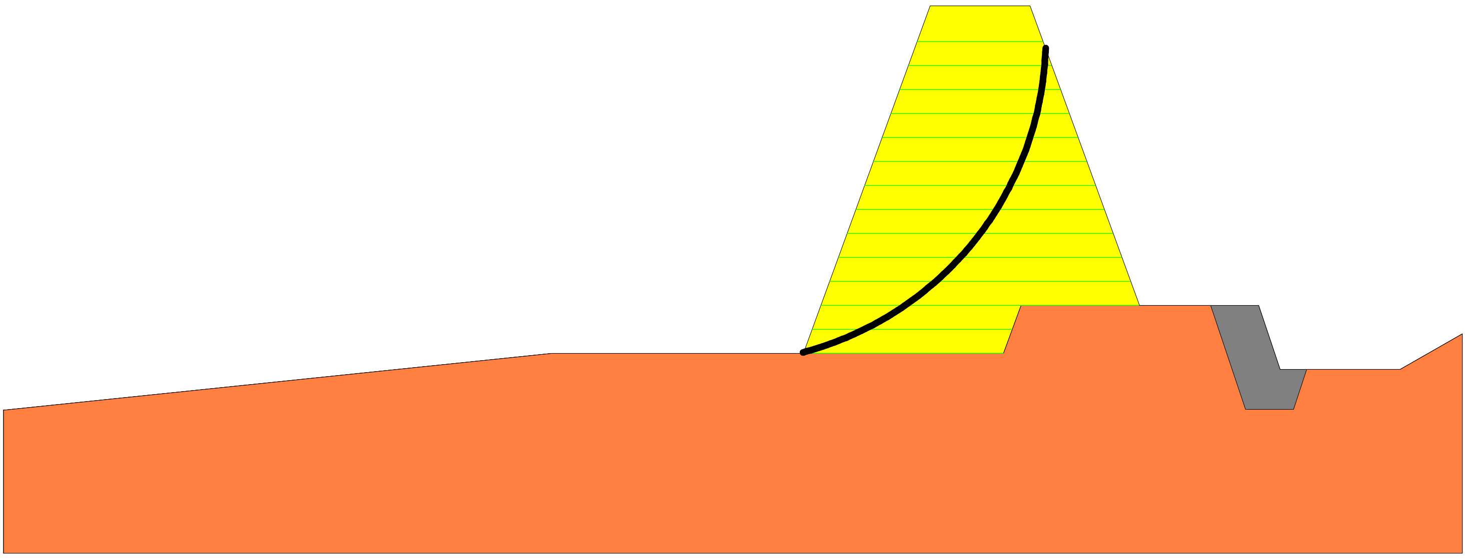
Translational (2-Part Wedge; Spencer), Direct Sliding, Stability Analysis

N O T C O N D U C T E D

Three-Part Wedge Stability Analysis

N O T C O N D U C T E D

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



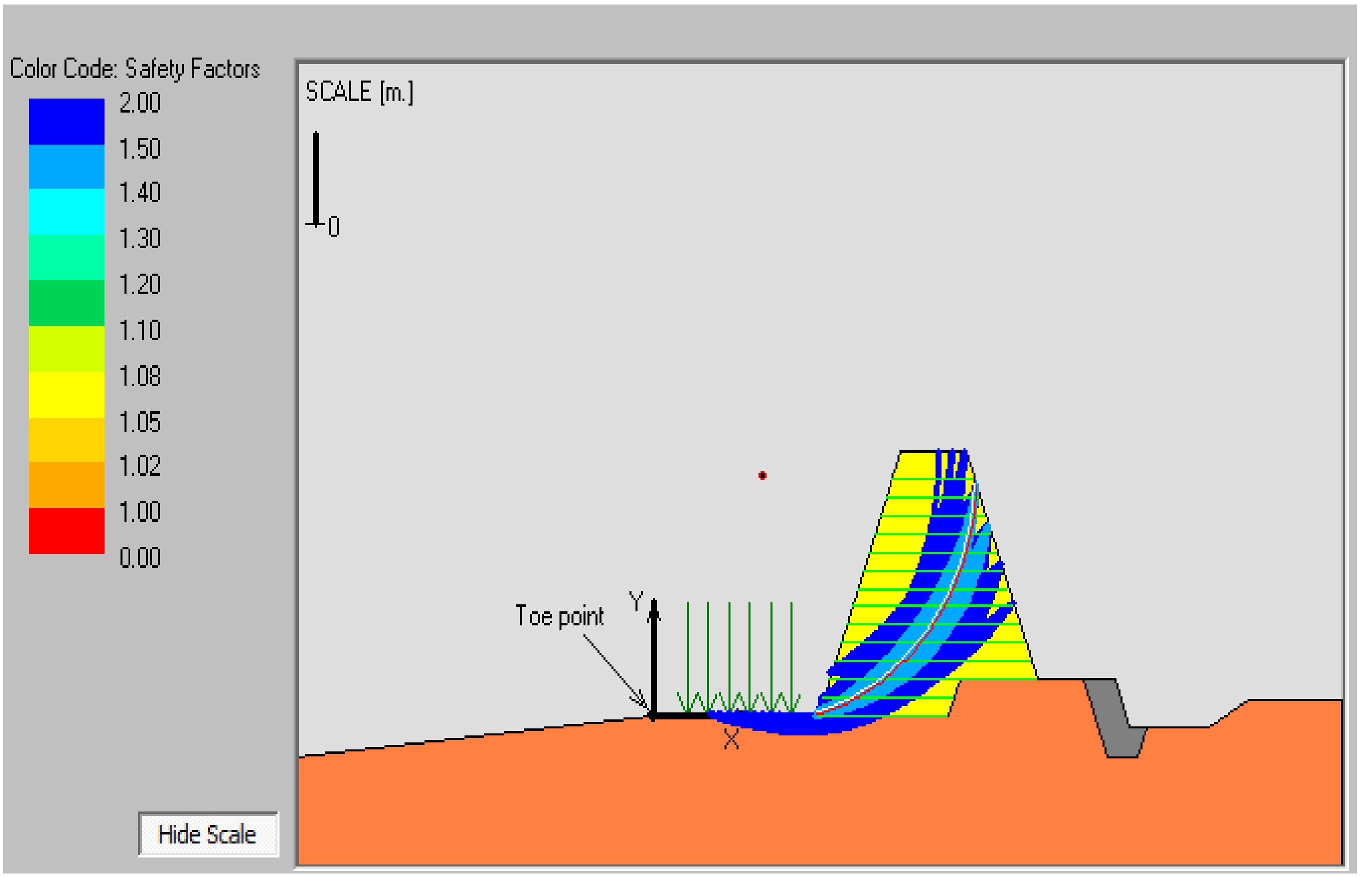
SCALE:



Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

SAFETY MAP: BISHOP ROTATIONAL ANALYSIS MODE



Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

294_CMVC Novate

Report created by ReSSA(3.0): Update #4.21: Copyright (c) 2001-2016, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 294_CMVC Novate
Project Number: sezione tipo 1 -
Client:
Designer: Studio Cancelli Associato

Description:
Analisi Statica Stabilità scorrimento A1M1R3 - NTC 2018

Company's information:

Name:
Street:
,
Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: X:\Progett ..... 24-PG-NOVATE\SEZ. 1 Statica scorrimento A1M1R3.MSE
Original date and time of creating this file: Wed Apr 11 16:29:50 2018

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

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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......Terreno riempimento............................	18.0	38.0	0.0
.2......scogliera..	31.2	48.0	5.0
.3......terreno in sito..	24.7	42.0	7.0

REINFORCEMENT

Reinforcement Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
1	TENAX TT 045 GS	45.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout ====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
1	TENAX TT 045 GS	0.90	0.00	0.90	1.00

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

Water is not present

SEISMICITY

Not Applicable

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

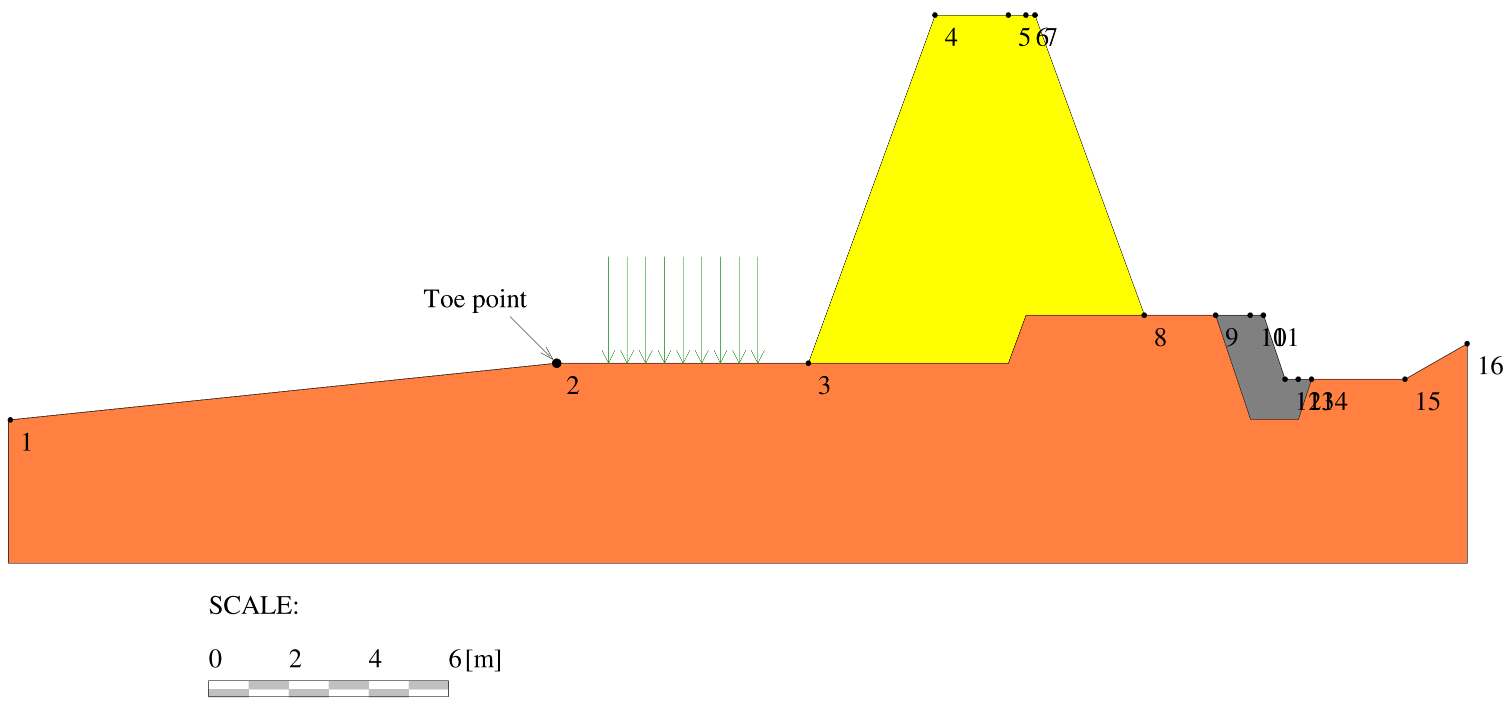
DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - GENERAL - Quick Input

-- 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.

GEOMETRY
Soil profile contains 3 layers (see details in next page)

UNIFORM SURCHARGE
Load Q1 = 15.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 95.00 and ends at X1e = 99.00 [m].
Surcharge load, Q2....................................None
Surcharge load, Q3....................................None

STRIP LOAD
............................None..................................



Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com
License number ReSSA-301775

TABULATED DETAILS OF GEMERAL SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

	#	Xi	Yi
Top of Layer 1	1	80.05	118.58
	2	93.71	120.00
	3	100.00	120.00
	4	103.17	128.70
	5	105.67	128.70
	6	108.40	121.20
	7	111.38	121.20
	8	111.92	119.60
	9	114.92	119.60
	10	116.47	120.49
Top of Layer 2	11	80.05	118.58
	12	93.71	120.00
	13	100.00	120.00
	14	105.00	120.00
	15	105.44	121.20
	16	111.38	121.20
	17	111.92	119.60
	18	114.92	119.60
	19	116.47	120.49
Top of Layer 3	20	80.05	118.58
	21	93.71	120.00
	22	100.00	120.00
	23	105.00	120.00
	24	105.44	121.20
	25	110.18	121.20
	26	111.05	118.60
	27	112.25	118.60
	28	112.58	119.60
	29	114.92	119.60
	30	116.47	120.49

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

TABULATED DETAILS OF SPECIFIED GEOMETRY

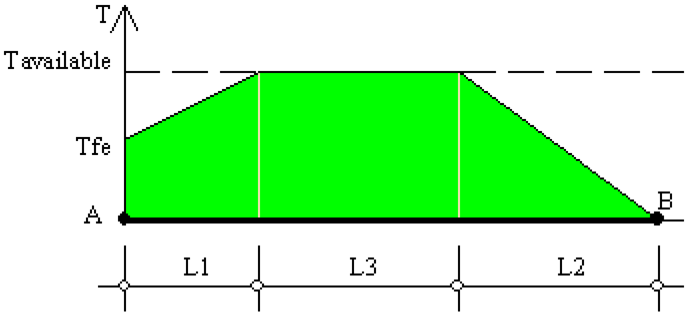
Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

#	X	Y1	Y2	Y3
1	80.05	118.58	118.58	118.58
2	93.71	120.00	120.00	120.00
3	100.00	120.00	120.00	120.00
4	103.17	128.70	120.00	120.00
5	105.00	128.70	120.00	120.00
6	105.44	128.70	121.20	121.20
7	105.67	128.70	121.20	121.20
8	108.40	121.20	121.20	121.20
9	110.18	121.20	121.20	121.20
10	111.05	121.20	121.20	118.60
11	111.38	121.20	121.20	118.60
12	111.92	119.60	119.60	118.60
13	112.25	119.60	119.60	118.60
14	112.58	119.60	119.60	119.60
15	114.92	119.60	119.60	119.60
16	116.47	120.49	120.49	120.49

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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

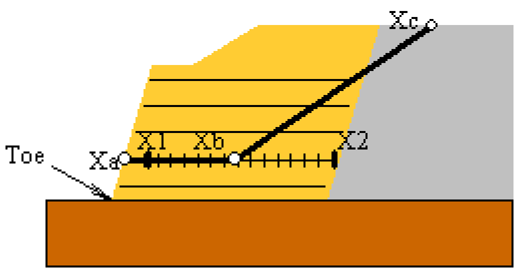
Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, Fs-po = 1.50

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]
1	TENAX TT 045 GS	0.00	5.00	0.00	0.13	4.87	18.44	18.44
2	TENAX TT 045 GS	0.60	5.00	0.00	0.14	4.86	18.44	18.44
3	TENAX TT 045 GS	1.20	7.95	0.00	0.88	7.07	18.44	18.44
4	TENAX TT 045 GS	1.80	7.51	0.00	0.88	6.63	18.44	18.44
5	TENAX TT 045 GS	2.40	7.08	0.00	0.88	6.20	18.44	18.44
6	TENAX TT 045 GS	3.00	6.64	0.00	0.88	5.76	18.44	18.44
7	TENAX TT 045 GS	3.60	6.20	0.00	0.88	5.32	18.44	18.44
8	TENAX TT 045 GS	4.20	5.77	0.00	0.88	4.89	18.44	18.44
9	TENAX TT 045 GS	4.80	5.33	0.00	0.88	4.45	18.44	18.44
10	TENAX TT 045 GS	5.40	4.89	0.00	0.88	4.01	18.44	18.44
11	TENAX TT 045 GS	6.00	4.46	0.00	0.89	3.57	18.44	18.44
12	TENAX TT 045 GS	6.60	4.02	0.00	0.89	3.13	18.44	18.44
13	TENAX TT 045 GS	7.20	3.58	0.00	0.99	2.59	18.44	18.44
14	TENAX TT 045 GS	7.80	3.15	0.00	1.37	1.78	18.44	18.44

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

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	93.71	120.00	93.71	120.00	N/A	N/A	N/A	No convergence
Reinf. Layer #1	0.00	100.00	120.00	101.73	120.00	105.88	128.14	1.43	OK
. Reinf. Layer #2	0.60	100.22	120.60	101.93	120.60	106.10	127.53	1.41	OK
Reinf. Layer #3	1.20	100.44	121.20	102.06	121.20	106.28	127.02	1.43	OK
Reinf. Layer #4	1.80	100.66	121.80	101.79	121.80	106.25	127.12	1.50	OK
Reinf. Layer #5	2.40	100.87	122.40	102.40	122.40	106.15	127.38	1.55	OK
Reinf. Layer #6	3.00	101.09	123.00	102.50	123.00	105.99	127.81	1.62	OK
Reinf. Layer #7	3.60	101.31	123.60	102.62	123.60	106.00	127.78	1.71	OK
Reinf. Layer #8	4.20	101.53	124.20	102.36	124.20	105.81	128.31	1.88	OK
Reinf. Layer #9	4.80	101.75	124.80	102.84	124.80	105.77	128.42	1.99	OK
Reinf. Layer #10	5.40	101.97	125.40	102.74	125.40	105.77	128.43	2.17	OK
Reinf. Layer #11	6.00	102.19	126.00	102.89	126.00	104.71	128.70	2.46	OK
Reinf. Layer #12	6.60	102.40	126.60	102.76	126.60	104.86	128.70	2.89	OK
Reinf. Layer #13	7.20	102.62	127.20	102.93	127.20	104.49	128.70	3.38	OK
Reinf. Layer #14	7.80	102.84	127.80	103.11	127.80	103.69	128.70	3.98	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.

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

CRITICAL RESULTS OF ROTATIONAL AND TRANSLATIONAL STABILITY ANALYSES

Rotational (Circular Arc; Bishop) Stability Analysis

N O T   C O N D U C T E D

Translational (2-Part Wedge; Spencer), Direct Sliding, Stability Analysis

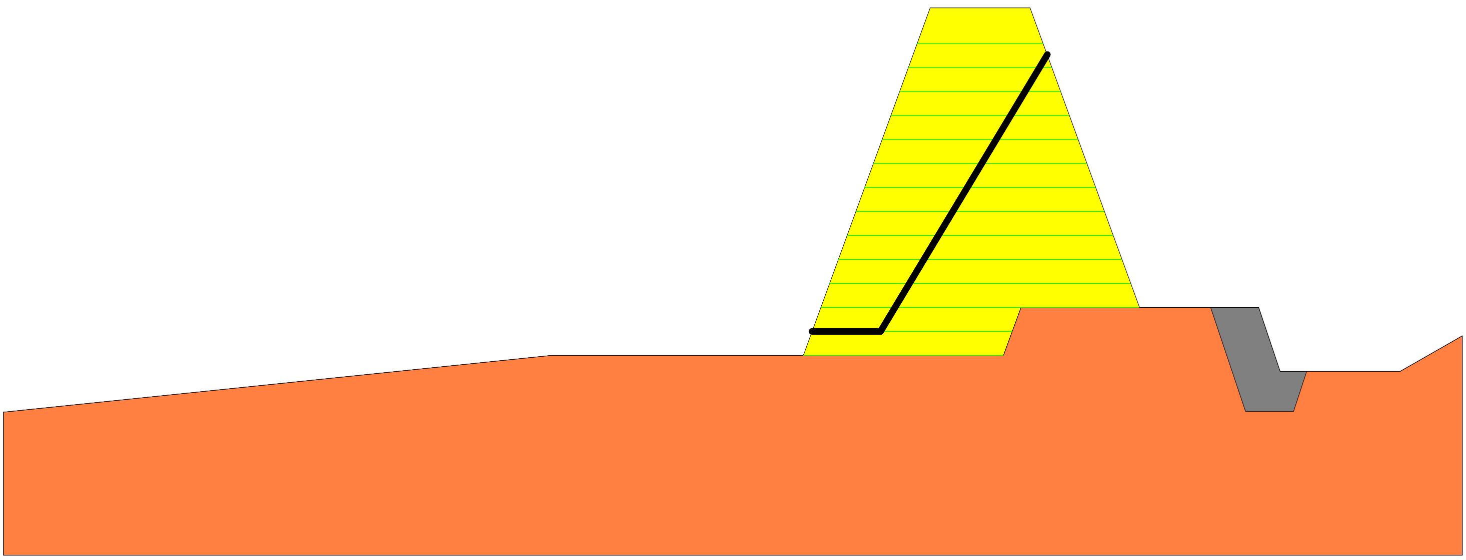
Minimum Factor of Safety = 1.41

Critical Two-Part Wedge: (Xa = 100.22, Ya = 120.60) [m]
(Xb = 101.93, Yb = 120.60) [m]
(Xc = 106.10, Yc = 127.53) [m]
(Number of slices used = 30)
Interslice resultant force inclination = 0.83 [degrees]

Three-Part Wedge Stability Analysis

N O T   C O N D U C T E D

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



SCALE:



Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com
License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

294_CMVC Novate

Report created by ReSSA(3.0): Update #4.21: Copyright (c) 2001-2016, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 294_CMVC Novate
Project Number: sezione tipo 1 -
Client:
Designer: Studio Cancelli Associato

Description:
Analisi Sismica Stabilità globale e a scorrimento - NTC 2018

Company's information:

Name:
Street:
,
Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: X:\Progett ..... O2024\ITA\SS\SS-26-24-PG-NOVATE\SEZ. 1 Sismica.MSE
Original date and time of creating this file: Wed Apr 11 16:29:50 2018

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

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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......Terreno riempimento............................	18.0	38.0	0.0
.2......scogliera..	24.0	48.0	5.0
.3......terreno in sito..	19.0	42.0	7.0

REINFORCEMENT

Reinforcement Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
1	TENAX TT 045 GS	45.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

Interaction Parameters Type #	Geosynthetic Designated Name	== Direct Sliding == Cds-phi	Cds-c	==== Pullout ==== Ci	Alpha
1	TENAX TT 045 GS	0.90	0.00	0.90	1.00

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

Water is not present

SEISMICITY

Horizontal peak ground acceleration coefficient, Ao = 0.052
Design horizontal seismic coefficient, kh = Am = 0.50 x Ao = 0.026 & design vertical seismic coefficient, kv (up) = -0.500 x kh = -0.013

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - GENERAL - 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.

GEOMETRY

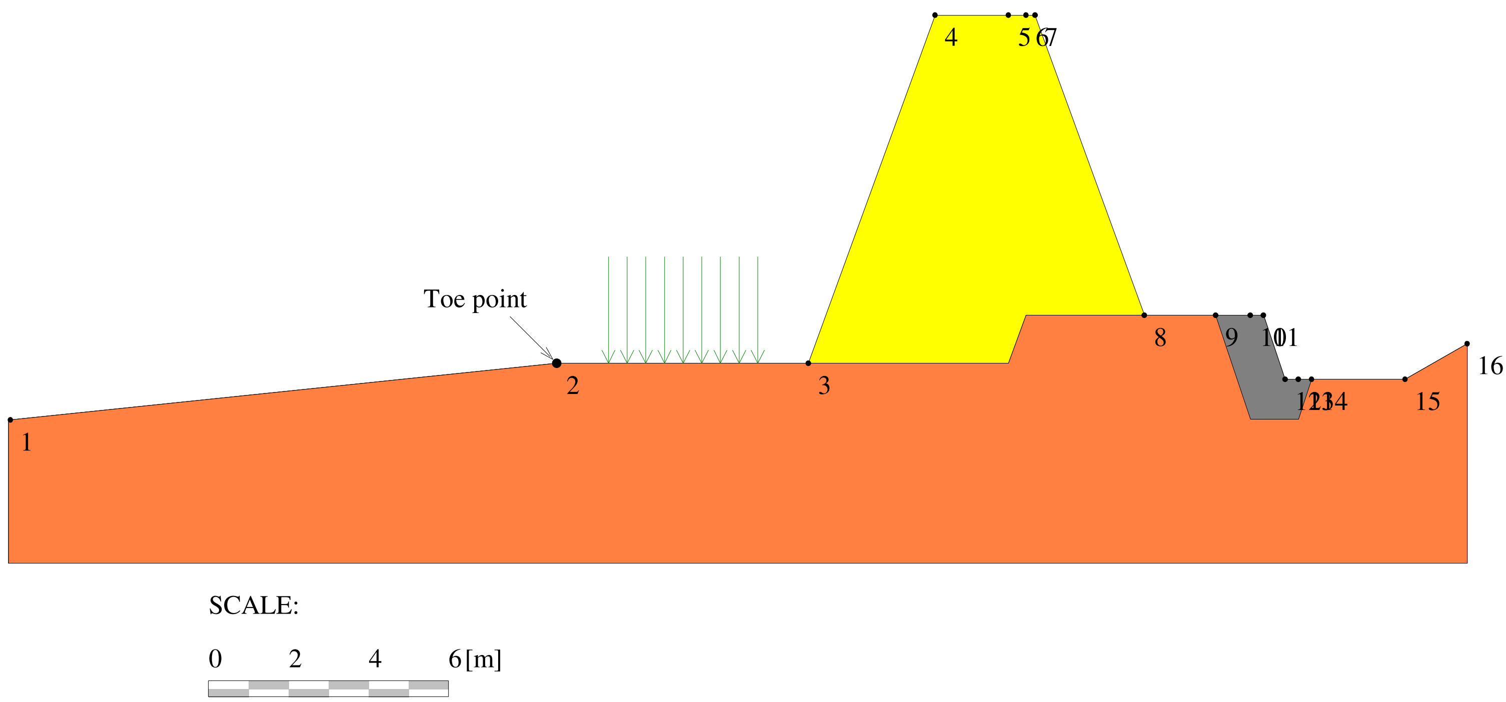
Soil profile contains 3 layers (see details in next page)

UNIFORM SURCHARGE

Load Q1 = 10.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 95.00 and ends at X1e = 99.00 [m].
Surcharge load, Q2....................................None
Surcharge load, Q3....................................None

STRIP LOAD

............................None...................................



Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

TABULATED DETAILS OF GEMERAL SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

	#	Xi	Yi
Top of Layer 1	1	80.05	118.58
	2	93.71	120.00
	3	100.00	120.00
	4	103.17	128.70
	5	105.67	128.70
	6	108.40	121.20
	7	111.38	121.20
	8	111.92	119.60
	9	114.92	119.60
	10	116.47	120.49
Top of Layer 2	11	80.05	118.58
	12	93.71	120.00
	13	100.00	120.00
	14	105.00	120.00
	15	105.44	121.20
	16	111.38	121.20
	17	111.92	119.60
	18	114.92	119.60
	19	116.47	120.49
Top of Layer 3	20	80.05	118.58
	21	93.71	120.00
	22	100.00	120.00
	23	105.00	120.00
	24	105.44	121.20
	25	110.18	121.20
	26	111.05	118.60
	27	112.25	118.60
	28	112.58	119.60
	29	114.92	119.60
	30	116.47	120.49

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

TABULATED DETAILS OF SPECIFIED GEOMETRY

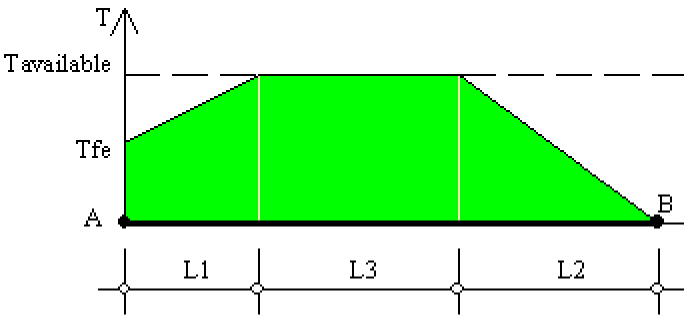
Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

#	X	Y1	Y2	Y3
1	80.05	118.58	118.58	118.58
2	93.71	120.00	120.00	120.00
3	100.00	120.00	120.00	120.00
4	103.17	128.70	120.00	120.00
5	105.00	128.70	120.00	120.00
6	105.44	128.70	121.20	121.20
7	105.67	128.70	121.20	121.20
8	108.40	121.20	121.20	121.20
9	110.18	121.20	121.20	121.20
10	111.05	121.20	121.20	118.60
11	111.38	121.20	121.20	118.60
12	111.92	119.60	119.60	118.60
13	112.25	119.60	119.60	118.60
14	112.58	119.60	119.60	119.60
15	114.92	119.60	119.60	119.60
16	116.47	120.49	120.49	120.49

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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, Fs-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	TENAX TT 045 GS	0.00	5.00	0.00	0.13	4.87	18.44	18.44
2	TENAX TT 045 GS	0.60	5.00	0.00	0.14	4.86	18.44	18.44
3	TENAX TT 045 GS	1.20	7.95	0.00	0.87	7.08	18.44	18.44
4	TENAX TT 045 GS	1.80	7.51	0.00	0.87	6.64	18.44	18.44
5	TENAX TT 045 GS	2.40	7.08	0.00	0.88	6.20	18.44	18.44
6	TENAX TT 045 GS	3.00	6.64	0.00	0.87	5.77	18.44	18.44
7	TENAX TT 045 GS	3.60	6.20	0.00	0.87	5.33	18.44	18.44
8	TENAX TT 045 GS	4.20	5.77	0.00	0.88	4.89	18.44	18.44
9	TENAX TT 045 GS	4.80	5.33	0.00	0.88	4.45	18.44	18.44
10	TENAX TT 045 GS	5.40	4.89	0.00	0.87	4.02	18.44	18.44
11	TENAX TT 045 GS	6.00	4.46	0.00	0.88	3.58	18.44	18.44
12	TENAX TT 045 GS	6.60	4.02	0.00	0.89	3.13	18.44	18.44
13	TENAX TT 045 GS	7.20	3.58	0.00	0.98	2.60	18.44	18.44
14	TENAX TT 045 GS	7.80	3.15	0.00	1.36	1.79	18.44	18.44

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc.

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

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	93.71	120.00	93.71	120.00	93.71	120.00	0.00	N/A	#10 - Overhanging Cliff
2	103.68	128.70	100.01	120.12	91.74	128.73	11.94	6.01	
3	104.15	128.70	100.03	120.11	93.04	128.76	11.11	3.22	
4	104.63	128.70	99.98	120.06	94.20	128.74	10.43	2.39	
5	105.10	128.70	100.00	120.07	94.97	128.87	10.14	2.06	
6	105.58	128.70	100.00	120.05	95.97	128.78	9.61	1.86	
. 7	106.06	127.64	99.99	120.03	97.91	127.91	8.15	1.75 .	OK
8	106.53	126.33	100.01	120.04	96.88	129.81	10.26	1.76	
9	107.01	125.03	99.94	120.02	95.80	133.36	13.97	1.90	
10	107.48	123.72	99.95	120.01	96.26	137.03	17.41	2.30	
11	107.96	122.41	99.98	120.01	96.81	145.04	25.23	3.21	
12	108.44	121.20	91.00	119.82	98.87	131.21	13.85	3.97	
13	108.91	121.20	90.46	119.67	98.74	131.91	14.77	4.27	
14	109.39	121.20	88.42	119.53	97.80	134.29	17.48	4.55	
15	109.86	121.20	87.17	119.36	97.15	137.21	20.44	4.81	
16	110.34	121.20	86.80	119.36	97.19	137.84	21.21	5.07	
17	110.81	121.20	86.86	119.32	97.25	140.49	23.58	5.34	
18	111.29	121.20	86.68	119.42	97.66	138.68	22.17	5.60	
19	111.77	120.06	86.88	119.31	98.85	135.72	20.31	6.96	
20	112.24	119.60	86.89	119.31	99.39	134.71	19.83	8.03	
21	112.72	119.60	86.73	119.44	99.63	135.00	20.21	8.59	
22	113.19	119.60	86.78	119.40	99.86	135.87	21.03	9.24	
23	113.67	119.60	86.84	119.35	100.09	136.78	21.90	9.93	
24	114.15	119.60	86.85	119.34	100.35	134.76	20.49	10.69	
25	114.62	119.60	86.69	119.46	100.57	137.42	22.69	11.46	
26	115.10	119.70	86.77	119.39	100.71	139.75	24.68	12.09	
27	115.57	119.97	86.85	119.33	100.68	143.15	27.54	12.24	
28	114.86	119.60	86.79	119.35	100.58	147.31	31.18	12.32	
29	116.52	120.49	86.71	119.40	100.65	146.26	30.27	12.45	
30	117.00	120.49	86.78	119.34	100.63	153.25	36.62	13.01	

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.

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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.

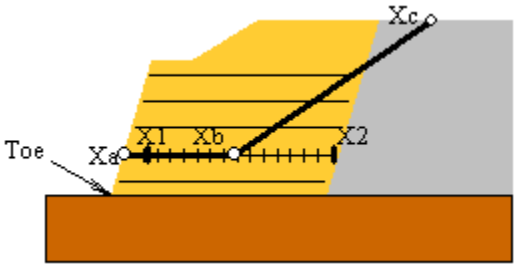
Critical circles for each exit point (considering all specified entry points).

Exit Point #	Exit Point (X, Y) [m]		Entry Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	86.84	119.33	107.01	125.03	93.88	132.97	15.35	3.32	
2	87.06	119.42	107.01	125.03	94.07	132.75	15.07	3.28	
3	87.49	119.40	107.01	125.03	94.37	132.18	14.52	3.24	
4	87.72	119.48	107.01	125.03	94.36	132.68	14.78	3.20	
5	88.15	119.46	107.01	125.03	94.56	132.46	14.50	3.16	
6	88.39	119.53	107.01	125.03	94.76	132.23	14.21	3.12	
7	88.83	119.51	107.01	125.03	94.85	132.36	14.19	3.08	
8	89.08	119.58	107.01	125.03	95.16	131.79	13.64	3.04	
9	89.34	119.65	107.01	125.03	95.46	131.25	13.12	3.01	
10	89.78	119.62	107.01	125.03	95.56	131.35	13.08	2.97	
11	90.05	119.68	107.01	125.03	95.56	131.77	13.29	2.94	
12	90.32	119.74	107.01	125.03	95.86	131.22	12.75	2.90	
13	90.77	119.71	107.01	125.03	96.26	130.41	12.02	2.87	
14	91.06	119.76	107.01	125.03	96.27	130.77	12.17	2.83	
15	91.35	119.82	107.01	125.03	96.57	130.26	11.68	2.80	
16	91.65	119.86	107.01	125.03	96.58	130.60	11.82	2.77	
17	91.97	119.90	106.53	126.33	96.61	129.09	10.30	2.74	
18	92.28	119.94	106.53	126.33	96.92	128.69	9.90	2.70	
19	92.75	119.90	106.53	126.33	97.22	128.31	9.52	2.67	
20	93.07	119.94	106.53	126.33	97.16	128.70	9.67	2.64	
21	93.39	119.97	106.53	126.33	97.46	128.31	9.28	2.61	
22	93.62	120.04	106.53	126.33	97.40	128.68	9.43	2.58	
23	93.97	120.03	106.53	126.33	97.62	128.43	9.15	2.56	
24	94.27	120.04	106.53	126.33	97.93	128.00	8.76	2.53	
25	94.62	120.03	106.53	126.33	98.15	127.77	8.50	2.52	
26	94.94	120.03	106.53	126.33	98.10	128.03	8.60	2.52	
27	95.28	120.02	106.53	126.33	98.04	128.29	8.72	2.47	
28	95.58	120.03	106.53	126.33	98.37	127.85	8.30	2.42	
29	95.88	120.04	106.53	126.33	98.41	127.91	8.27	2.38	
30	96.27	120.01	106.53	126.33	98.55	127.80	8.11	2.35	
31	96.57	120.02	106.53	126.33	98.59	127.84	8.08	2.31	
32	96.84	120.03	106.53	126.33	98.74	127.71	7.91	2.28	
33	97.28	120.00	106.53	126.33	98.79	127.72	7.87	2.25	
34	97.60	120.00	106.53	126.33	98.84	127.73	7.82	2.22	
35	97.88	120.01	106.53	126.33	99.00	127.56	7.63	2.19	
36	98.15	120.01	106.53	126.33	99.17	127.38	7.44	2.16	
37	98.54	120.00	106.53	126.33	99.34	127.20	7.24	2.13	
38	98.82	120.01	106.53	126.33	99.52	127.02	7.04	2.13	
39	99.21	120.00	106.53	126.33	99.71	126.82	6.84	2.12	
40	99.94	120.08	106.06	127.64	98.19	127.75	7.87	1.79	
41	99.99	120.03	106.06	127.64	97.91	127.91	8.15	1.75	OK
42	100.15	120.55	106.53	126.33	97.55	129.83	9.64	2.07	
43	100.48	121.44	106.06	127.64	98.91	128.46	7.19	2.13	
44	100.81	122.34	106.06	127.64	100.01	128.38	6.10	2.67	
45	101.12	123.23	106.06	127.64	100.70	128.66	5.45	2.76	
46	101.44	124.13	106.06	127.64	101.87	128.35	4.24	4.07	
47	101.81	125.02	106.06	127.64	102.62	128.45	3.53	4.30	
48	102.12	125.93	106.06	127.64	103.62	127.86	2.44	9.23	
49	102.47	126.80	106.06	127.64	103.60	130.05	3.44	7.73	
50	102.79	127.69	105.58	128.70	103.95	128.84	1.63	58.67	

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.

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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	93.71	120.00	93.71	120.00	N/A	N/A	N/A	No convergence
Reinf. Layer #1	0.00	100.00	120.00	100.75	120.00	106.51	126.39	1.37	OK
Reinf. Layer #2	0.60	100.22	120.60	101.93	120.60	105.90	128.07	1.40	OK
Reinf. Layer #3	1.20	100.44	121.20	102.06	121.20	106.01	127.77	1.41	OK
Reinf. Layer #4	1.80	100.66	121.80	102.28	121.80	106.11	127.48	1.44	OK
Reinf. Layer #5	2.40	100.87	122.40	101.93	122.40	106.23	127.17	1.51	OK
Reinf. Layer #6	3.00	101.09	123.00	102.50	123.00	106.04	127.69	1.56	OK
Reinf. Layer #7	3.60	101.31	123.60	102.62	123.60	106.11	127.48	1.65	OK
Reinf. Layer #8	4.20	101.53	124.20	102.74	124.20	105.82	128.29	1.78	OK
Reinf. Layer #9	4.80	101.75	124.80	102.84	124.80	105.67	128.70	1.92	OK
Reinf. Layer #10	5.40	101.97	125.40	103.06	125.40	105.83	128.27	2.08	OK
Reinf. Layer #11	6.00	102.19	126.00	103.18	126.00	105.36	128.70	2.45	OK
Reinf. Layer #12	6.60	102.40	126.60	103.02	126.60	104.84	128.70	2.67	OK
Reinf. Layer #13	7.20	102.62	127.20	102.93	127.20	104.33	128.70	3.18	OK
Reinf. Layer #14	7.80	102.84	127.80	103.11	127.80	103.95	128.70	3.87	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.

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

CRITICAL RESULTS OF ROTATIONAL AND TRANSLATIONAL STABILITY ANALYSES

Rotational (Circular Arc; Bishop) Stability Analysis with slip surfaces excluded from this polygon:

Minimum Factor of Safety = 1.75
Critical Circle: Xc = 97.91[m], Yc = 127.91[m], R = 8.15[m]. (Number of slices used = 52)

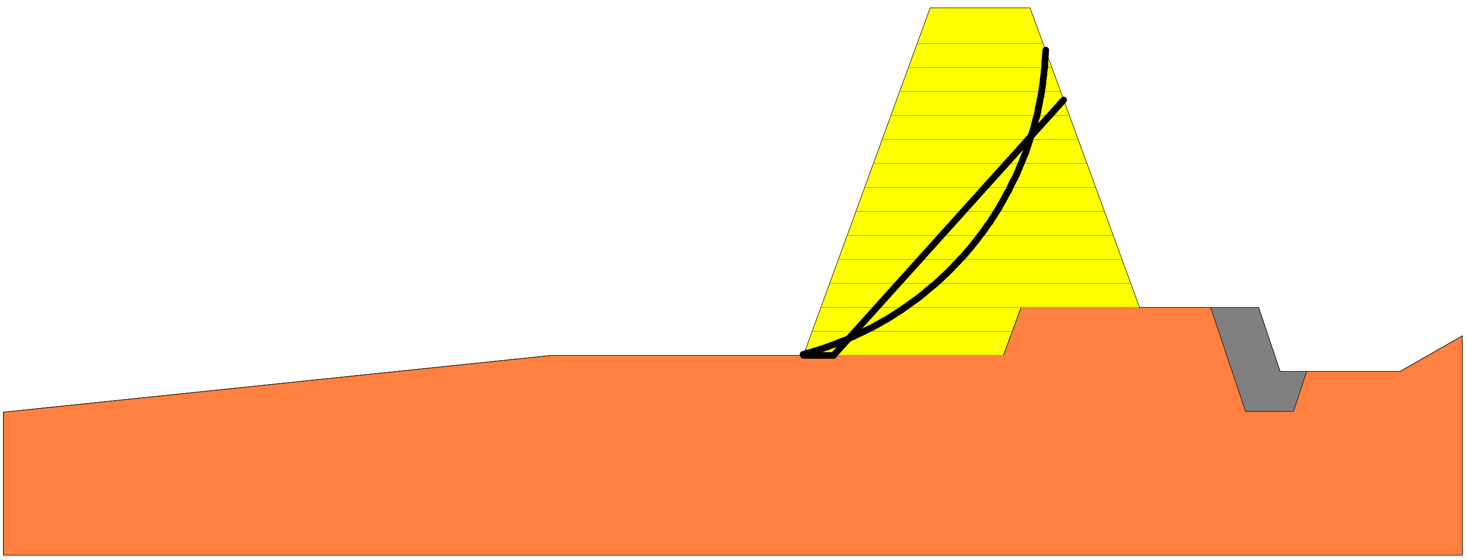
Translational (2-Part Wedge; Spencer), Direct Sliding, Stability Analysis

Minimum Factor of Safety = 1.37
Critical Two-Part Wedge: (Xa = 100.00, Ya = 120.00) [m]
(Xb = 100.75, Yb = 120.00) [m]
(Xc = 106.51, Yc = 126.39) [m]
(Number of slices used = 30)
Interslice resultant force inclination = 21.13 [degrees]

Three-Part Wedge Stability Analysis

N O T C O N D U C T E D

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



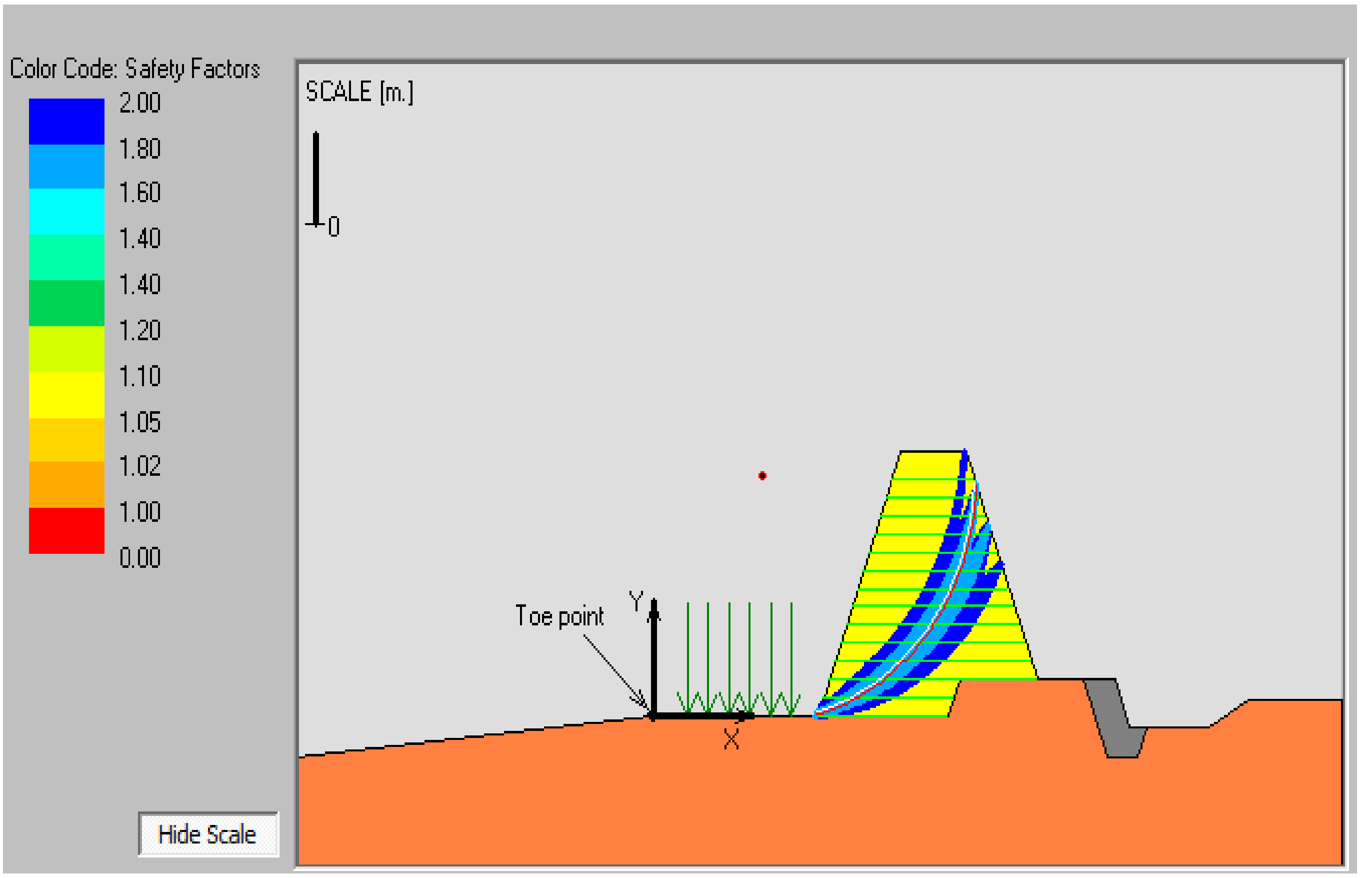
SCALE:

0 2 4 6[m]

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

SAFETY MAP: BISHOP ROTATIONAL ANALYSIS MODE



Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

294_CMVC Novate

Report created by ReSSA(3.0): Update #4.21: Copyright (c) 2001-2016, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 294_CMVC Novate
Project Number: sezione tipo 2 -
Client:
Designer: Studio Cancelli Associato

Description:
Analisi Statica Stabilità globale A2M2R2 - NTC 2018

Company's information:

Name:
Street:
,
Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: X:\Progett ..... -26-24-PG-NOVATE\SEZ. 2 Statica globale A2M2R2.MSE
Original date and time of creating this file: Wed Apr 11 16:29:50 2018

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

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)

SOIL DATA

=========== Soil Layer #: ===========	Unit weight, γ [kN/m ³]	Internal angle of friction, ϕ [deg.]	RFtan=1.25	Cohesion, c [kPa]	RFcoh=1.25
.1.......Terreno riempimento............................	18.0	38.0	32.0	0.0	0.0
.2.......scogliera..	24.0	48.0	41.6	5.0	4.0
.3.......terreno in sito..	19.0	42.0	35.8	7.0	5.6

REINFORCEMENT

R e i n f o r c e m e n t Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
1	TENAX TT 045 GS	45.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

I n t e r a c t i o n P a r a m e t e r s Type #	Geosynthetic Designated Name	== Direct Sliding == Cds-phi	Cds-c	==== Pullout ==== Ci	Alpha
1	TENAX TT 045 GS	0.90	0.00	0.90	1.00

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

Water is not present

SEISMICITY

Not Applicable

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com
License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

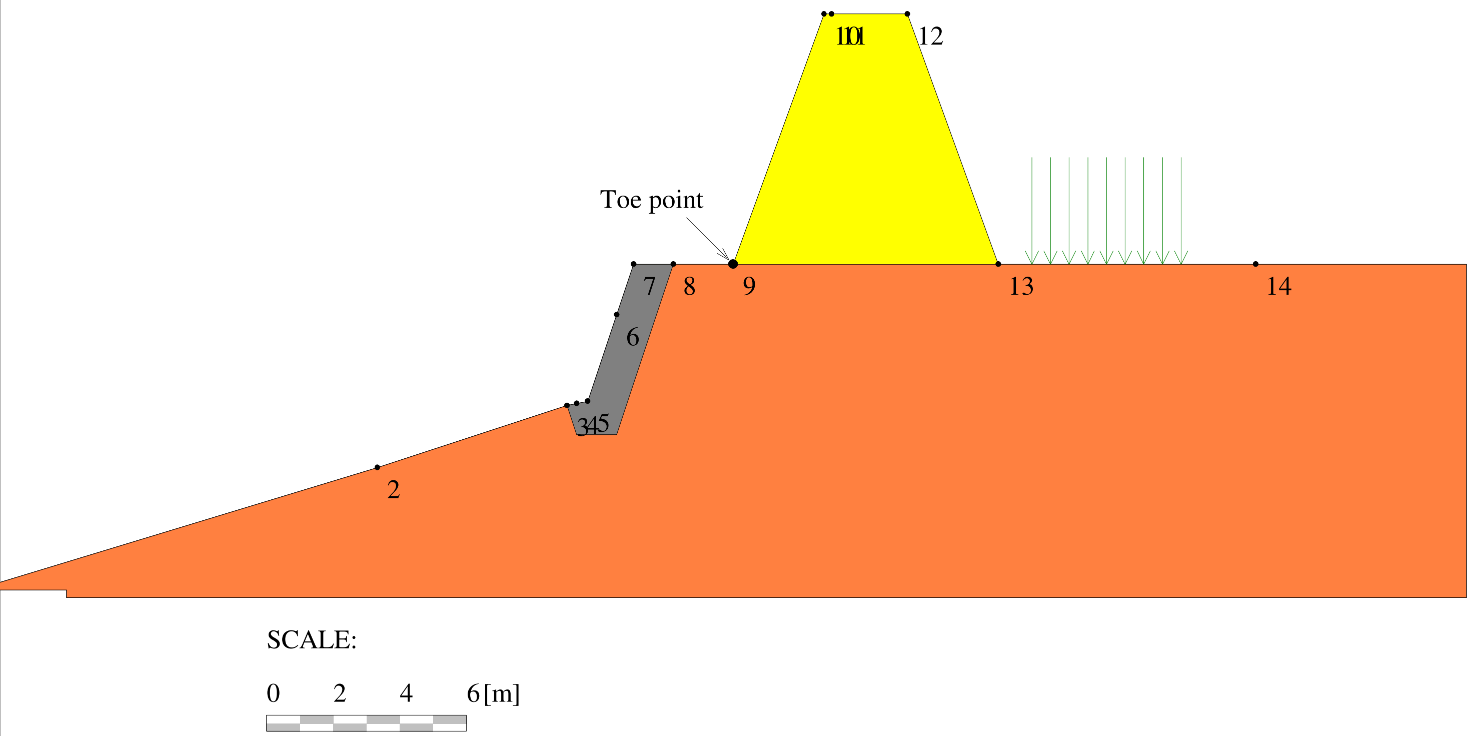
DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - GENERAL - Quick Input

-- 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.

GEOMETRY
Soil profile contains 3 layers (see details in next page)

UNIFORM SURCHARGE
Load Q1 = 13.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 108.96 and ends at X1e = 113.96 [m].
Surcharge load, Q2.....................................None
Surcharge load, Q3.....................................None

STRIP LOAD
............................None...................................



Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

TABULATED DETAILS OF GEMERAL SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

	#	Xi	Yi
Top of Layer 1	1	77.25	110.23
	2	89.33	113.90
	3	95.02	115.76
	4	95.64	115.89
	5	97.02	120.00
	6	100.00	120.00
	7	102.73	127.50
	8	105.23	127.50
	9	107.96	120.00
	10	115.68	120.00
Top of Layer 2	11	77.25	110.23
	12	89.33	113.90
	13	95.02	115.76
	14	95.64	115.89
	15	97.02	120.00
	16	102.96	120.00
	17	107.96	120.00
	18	115.68	120.00
Top of Layer 3	19	77.25	110.23
	20	89.33	113.90
	21	95.02	115.76
	22	95.31	114.89
	23	96.51	114.89
	24	98.21	120.00
	25	102.96	120.00
	26	107.96	120.00
	27	115.68	120.00

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

TABULATED DETAILS OF SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

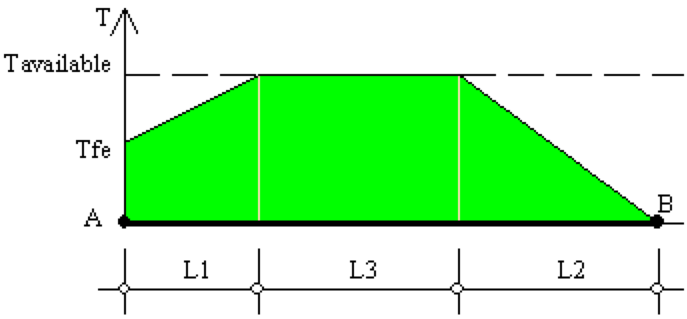
#	X	Y1	Y2	Y3
1	77.25	110.23	110.23	110.23
2	89.33	113.90	113.90	113.90
3	95.02	115.76	115.76	115.76
4	95.31	115.82	115.82	114.89
5	95.64	115.89	115.89	114.89
6	96.51	118.48	118.48	114.89
7	97.02	120.00	120.00	116.42
8	98.21	120.00	120.00	120.00
9	100.00	120.00	120.00	120.00
10	102.73	127.50	120.00	120.00
11	102.96	127.50	120.00	120.00
12	105.23	127.50	120.00	120.00
13	107.96	120.00	120.00	120.00
14	115.68	120.00	120.00	120.00

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

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, Fs-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	TENAX TT 045 GS	0.00	7.95	0.00	0.99	6.96	18.44	18.44
2	TENAX TT 045 GS	0.60	7.51	0.00	0.98	6.53	18.44	18.44
3	TENAX TT 045 GS	1.20	7.08	0.00	0.99	6.09	18.44	18.44
4	TENAX TT 045 GS	1.80	6.64	0.00	0.99	5.65	18.44	18.44
5	TENAX TT 045 GS	2.40	6.20	0.00	0.98	5.22	18.44	18.44
6	TENAX TT 045 GS	3.00	5.77	0.00	0.99	4.78	18.44	18.44
7	TENAX TT 045 GS	3.60	5.33	0.00	0.99	4.34	18.44	18.44
8	TENAX TT 045 GS	4.20	4.89	0.00	0.98	3.91	18.44	18.44
9	TENAX TT 045 GS	4.80	4.46	0.00	0.99	3.47	18.44	18.44
10	TENAX TT 045 GS	5.40	4.02	0.00	1.02	3.00	18.44	18.44
11	TENAX TT 045 GS	6.00	3.58	0.00	1.17	2.41	18.44	18.44
12	TENAX TT 045 GS	6.60	3.15	0.00	1.68	1.47	18.44	18.44

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com
License number ReSSA-301775

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	102.70	127.42	83.35	112.13	86.97	127.44	15.73	2.12	
2	103.11	127.50	89.58	113.98	89.58	127.51	13.53	1.87	
3	103.51	127.50	95.65	115.95	91.00	127.58	12.52	1.62	
4	103.92	127.50	95.65	115.94	91.41	127.71	12.51	1.51	
5	104.33	127.50	95.51	115.88	92.12	127.61	12.21	1.42	
6	104.74	127.50	95.51	115.87	92.53	127.70	12.20	1.39	
7	105.14	127.50	95.52	115.87	92.69	128.01	12.46	1.37	
8	105.55	126.62	95.51	115.88	91.58	129.61	14.28	1.35	
. 9	105.96	125.51	95.64	115.93	89.85	132.52	17.57	1.33 .	OK
10	106.36	124.39	95.62	115.93	88.86	135.56	20.76	1.35	
11	106.77	123.27	90.00	114.12	91.25	131.78	17.70	1.44	
12	107.18	122.15	89.40	113.99	90.32	135.41	21.44	1.54	
13	107.58	121.03	87.72	113.45	90.57	135.81	22.53	1.68	
14	107.99	120.00	85.10	112.66	89.64	137.87	25.62	1.84	
15	108.40	120.00	84.29	112.38	89.05	139.26	27.30	1.90	
16	108.80	120.00	82.84	112.00	87.77	142.13	30.53	1.95	
17	109.21	120.00	81.93	111.74	87.17	143.61	32.30	2.00	
18	109.62	120.00	82.02	111.73	87.65	143.10	31.88	2.05	
19	110.02	120.00	80.55	111.35	86.33	146.20	35.33	2.10	
20	110.43	120.00	80.52	111.35	86.44	146.93	36.07	2.14	
21	110.84	120.00	80.50	111.36	86.56	147.66	36.81	2.19	
22	111.25	120.00	80.59	111.35	87.09	146.96	36.20	2.23	
23	111.65	120.00	80.66	111.33	86.34	150.74	39.82	2.28	
24	112.06	120.00	80.64	111.33	86.45	151.53	40.62	2.32	
25	112.47	120.00	80.51	111.36	87.46	149.08	38.35	2.37	
26	112.87	120.00	80.59	111.34	86.68	153.14	42.24	2.42	
27	113.28	120.00	80.56	111.34	86.79	153.95	43.06	2.46	
28	113.69	120.00	80.53	111.35	86.91	154.76	43.88	2.51	
29	114.09	120.00	80.51	111.35	87.02	155.58	44.71	2.56	
30	114.50	120.00	80.48	111.35	87.14	156.41	45.55	2.61	

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.

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

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 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	80.53	111.33	106.36	124.39	83.15	138.23	27.02	1.61	
2	80.98	111.47	106.36	124.39	83.55	137.82	26.47	1.59	
3	81.62	111.58	106.36	124.39	83.54	138.18	26.67	1.58	
4	82.07	111.71	106.36	124.39	83.94	137.75	26.10	1.56	
5	82.51	111.84	106.36	124.39	84.34	137.32	25.54	1.55	
6	82.96	111.98	106.36	124.39	84.74	136.90	24.98	1.54	
7	83.40	112.11	106.36	124.39	85.14	136.48	24.43	1.52	
8	83.85	112.24	106.36	124.39	85.54	136.05	23.87	1.51	
9	84.29	112.38	106.36	124.39	85.94	135.64	23.32	1.50	
10	84.74	112.51	106.36	124.39	86.34	135.22	22.77	1.49	
11	85.18	112.64	106.36	124.39	86.74	134.81	22.22	1.48	
12	85.62	112.78	106.36	124.39	87.14	134.40	21.67	1.46	
13	85.82	112.93	106.36	124.39	87.54	133.99	21.13	1.45	
14	86.27	113.06	106.36	124.39	87.94	133.58	20.59	1.44	
15	86.72	113.19	106.36	124.39	88.34	133.18	20.05	1.43	
16	87.17	113.32	106.36	124.39	88.74	132.77	19.51	1.42	
17	87.62	113.46	106.36	124.39	89.14	132.38	18.98	1.42	
18	88.17	113.58	106.36	124.39	89.55	131.98	18.45	1.41	
19	88.61	113.72	105.96	125.51	90.13	130.13	16.48	1.40	
20	89.04	113.85	105.96	125.51	90.53	129.79	16.01	1.39	
21	89.55	113.98	105.96	125.51	90.93	129.46	15.54	1.39	
22	89.87	114.13	105.96	125.51	90.30	130.58	16.46	1.38	
23	90.45	114.27	105.96	125.51	90.45	130.58	16.31	1.38	
24	90.79	114.41	105.96	125.51	90.61	130.57	16.16	1.37	
25	91.21	114.55	105.96	125.51	90.77	130.54	16.00	1.37	
26	91.64	114.69	105.96	125.51	90.94	130.50	15.82	1.36	
27	92.07	114.83	105.96	125.51	91.12	130.44	15.64	1.36	
28	92.52	114.97	105.96	125.51	91.30	130.36	15.44	1.36	
29	92.97	115.11	105.96	125.51	91.18	130.66	15.65	1.35	
30	93.44	115.26	105.96	125.51	91.04	130.96	15.88	1.35	
31	93.92	115.41	105.96	125.51	91.25	130.81	15.64	1.35	
32	94.25	115.53	105.96	125.51	91.10	131.07	15.86	1.35	
33	94.75	115.68	105.96	125.51	92.05	130.07	14.64	1.35	
34	95.64	115.93	105.96	125.51	89.85	132.52	17.57	1.33 .	OK
35	95.59	116.08	105.96	125.51	90.05	132.58	17.41	1.35	
36	96.11	117.42	105.96	125.51	93.92	130.13	12.90	1.58	
37	96.51	118.74	105.96	125.51	97.22	127.72	9.01	1.84	
38	96.95	120.03	105.96	125.51	99.16	126.54	6.87	1.98	
39	97.46	120.00	105.96	125.51	99.23	126.57	6.81	1.96	
40	97.88	120.01	105.96	125.51	99.31	126.58	6.73	1.96	
41	98.35	120.00	105.96	125.51	99.39	126.57	6.65	1.96	
42	98.75	120.00	105.96	125.51	99.48	126.52	6.56	1.95	
43	99.20	120.00	105.96	125.51	99.67	126.32	6.34	1.94	
44	99.65	120.00	105.96	125.51	99.88	126.10	6.10	1.94	
45	100.03	120.28	105.55	126.62	98.96	126.78	6.59	1.77	
46	100.47	121.49	105.55	126.62	99.85	127.18	5.73	2.11	
47	100.94	122.70	105.55	126.62	101.06	127.23	4.53	2.70	
48	101.42	123.91	105.55	126.62	102.32	127.04	3.26	3.92	
49	101.86	125.12	105.55	126.62	103.03	127.51	2.67	6.57	
50	102.28	126.32	105.55	126.62	103.37	132.38	6.16	8.43	

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.

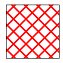
Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

CRITICAL RESULTS OF ROTATIONAL AND TRANSLATIONAL STABILITY ANALYSES

Rotational (Circular Arc; Bishop) Stability Analysis with slip surfaces excluded from this polygon:



Minimum Factor of Safety = 1.33

Critical Circle: Xc = 89.85[m], Yc = 132.52[m], R = 17.57[m]. (Number of slices used = 55)

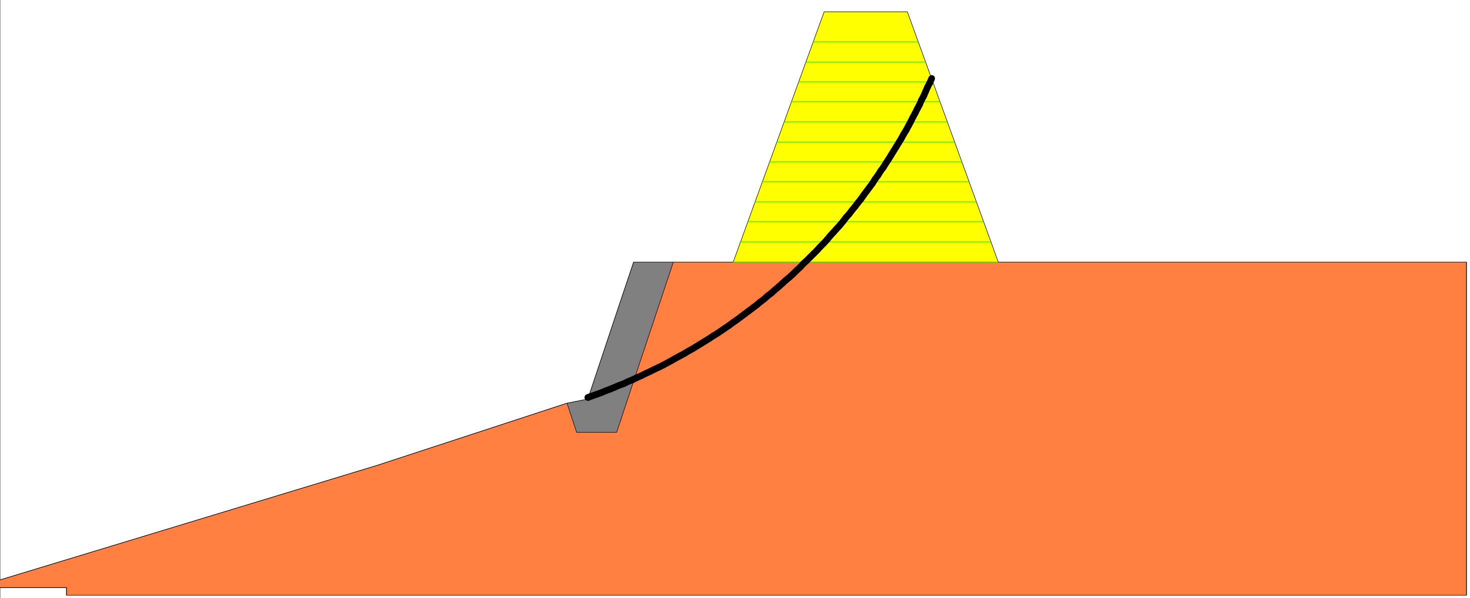
Translational (2-Part Wedge; Spencer), Direct Sliding, Stability Analysis

N O T C O N D U C T E D

Three-Part Wedge Stability Analysis

N O T C O N D U C T E D

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



SCALE:

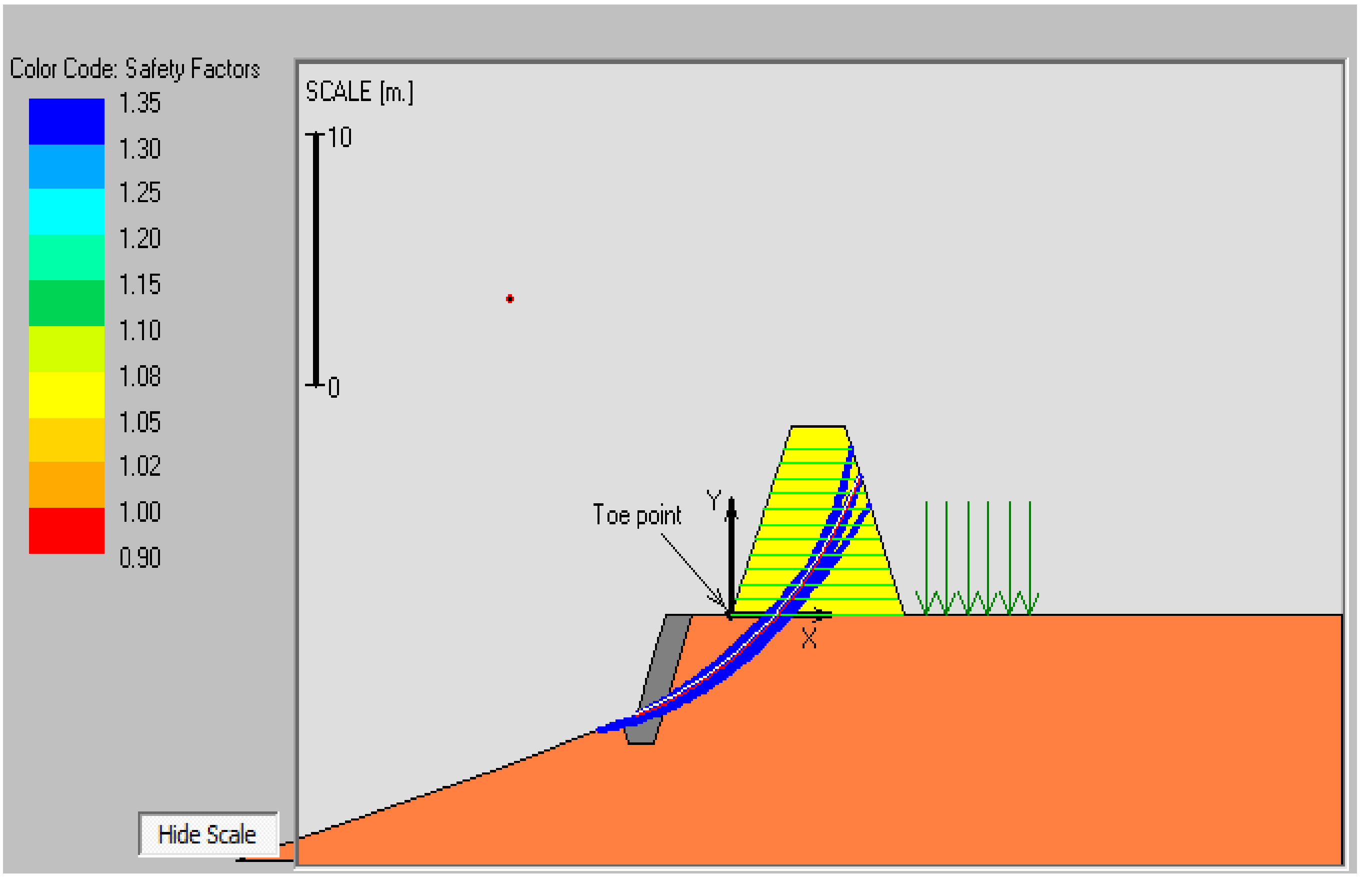
0 2 4 6[m]

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

SAFETY MAP: BISHOP ROTATIONAL ANALYSIS MODE



Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

294_CMVC Novate

Report created by ReSSA(3.0): Update #4.21: Copyright (c) 2001-2016, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 294_CMVC Novate
Project Number: sezione tipo 2 -
Client:
Designer: Studio Cancelli Associato

Description:
Analisi Statica Stabilità scorrimentoA1M1R3 - NTC 2018

Company's information:

Name:
Street:
,
Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: X:\Progett ..... 24-PG-NOVATE\SEZ. 2 Statica scorrimento A1M1R3.MSE
Original date and time of creating this file: Wed Apr 11 16:29:50 2018

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

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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......Terreno riempimento............................	18.0	38.0	0.0
.2......scogliera..	32.2	48.0	5.0
.3......terreno in sito..	24.7	42.0	7.0

REINFORCEMENT

Reinforcement Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
1	TENAX TT 045 GS	45.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

Interaction Parameters Type #	Geosynthetic Designated Name	== Direct Sliding == Cds-phi	Cds-c	==== Pullout ==== Ci	Alpha
1	TENAX TT 045 GS	0.90	0.00	0.90	1.00

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

Water is not present

SEISMICITY

Not Applicable

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - GENERAL - 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.

GEOMETRY

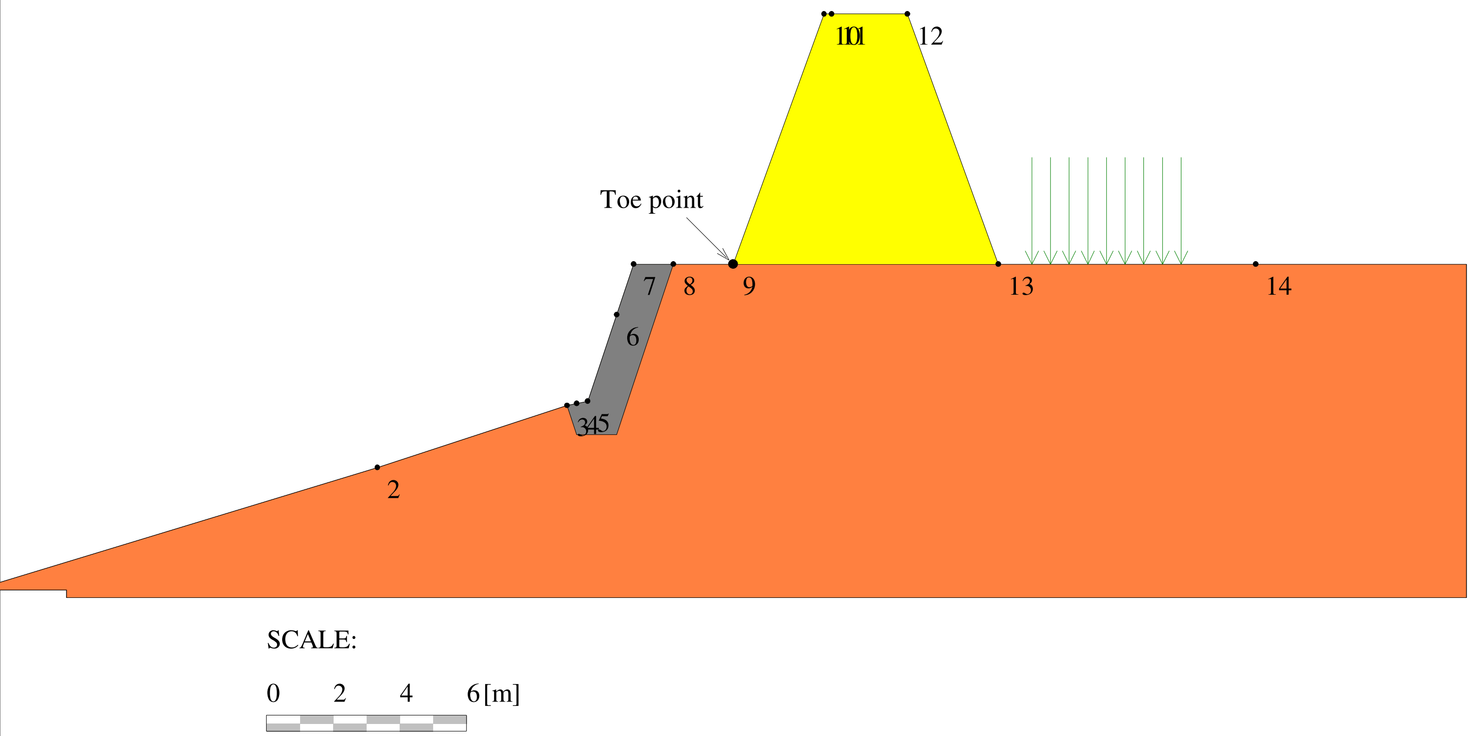
Soil profile contains 3 layers (see details in next page)

UNIFORM SURCHARGE

Load Q1 = 15.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 108.96 and ends at X1e = 113.96 [m].
Surcharge load, Q2....................................None
Surcharge load, Q3....................................None

STRIP LOAD

............................None...................................



Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

TABULATED DETAILS OF GEMERAL SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

	#	Xi	Yi
Top of Layer 1	1	77.25	110.23
	2	89.33	113.90
	3	95.02	115.76
	4	95.64	115.89
	5	97.02	120.00
	6	100.00	120.00
	7	102.73	127.50
	8	105.23	127.50
	9	107.96	120.00
	10	115.68	120.00
Top of Layer 2	11	77.25	110.23
	12	89.33	113.90
	13	95.02	115.76
	14	95.64	115.89
	15	97.02	120.00
	16	102.96	120.00
	17	107.96	120.00
	18	115.68	120.00
Top of Layer 3	19	77.25	110.23
	20	89.33	113.90
	21	95.02	115.76
	22	95.31	114.89
	23	96.51	114.89
	24	98.21	120.00
	25	102.96	120.00
	26	107.96	120.00
	27	115.68	120.00

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

TABULATED DETAILS OF SPECIFIED GEOMETRY

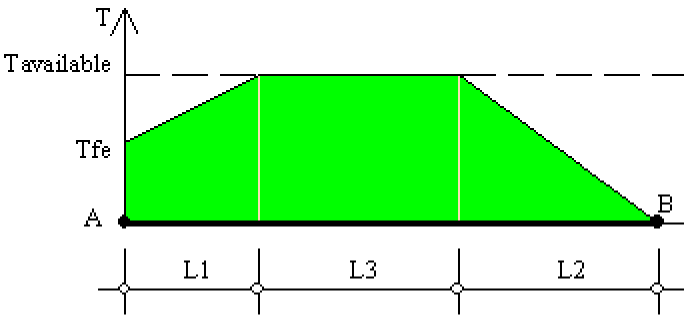
Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

#	X	Y1	Y2	Y3
1	77.25	110.23	110.23	110.23
2	89.33	113.90	113.90	113.90
3	95.02	115.76	115.76	115.76
4	95.31	115.82	115.82	114.89
5	95.64	115.89	115.89	114.89
6	96.51	118.48	118.48	114.89
7	97.02	120.00	120.00	116.42
8	98.21	120.00	120.00	120.00
9	100.00	120.00	120.00	120.00
10	102.73	127.50	120.00	120.00
11	102.96	127.50	120.00	120.00
12	105.23	127.50	120.00	120.00
13	107.96	120.00	120.00	120.00
14	115.68	120.00	120.00	120.00

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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

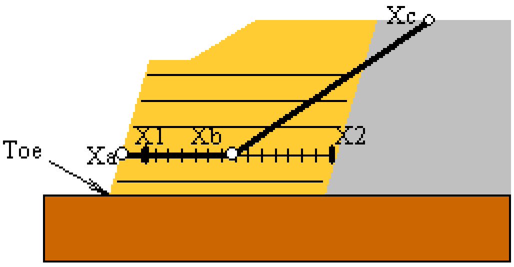
Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, Fs-po = 1.50

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]
1	TENAX TT 045 GS	0.00	7.95	0.00	0.88	7.07	18.44	18.44
2	TENAX TT 045 GS	0.60	7.51	0.00	0.88	6.63	18.44	18.44
3	TENAX TT 045 GS	1.20	7.08	0.00	0.89	6.19	18.44	18.44
4	TENAX TT 045 GS	1.80	6.64	0.00	0.88	5.76	18.44	18.44
5	TENAX TT 045 GS	2.40	6.20	0.00	0.88	5.32	18.44	18.44
6	TENAX TT 045 GS	3.00	5.77	0.00	0.89	4.88	18.44	18.44
7	TENAX TT 045 GS	3.60	5.33	0.00	0.88	4.45	18.44	18.44
8	TENAX TT 045 GS	4.20	4.89	0.00	0.88	4.01	18.44	18.44
9	TENAX TT 045 GS	4.80	4.46	0.00	0.89	3.57	18.44	18.44
10	TENAX TT 045 GS	5.40	4.02	0.00	0.89	3.13	18.44	18.44
11	TENAX TT 045 GS	6.00	3.58	0.00	0.99	2.59	18.44	18.44
12	TENAX TT 045 GS	6.60	3.15	0.00	1.37	1.78	18.44	18.44

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

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	100.00	120.00	100.20	120.00	105.99	125.40	1.52	Minimum on Edge
Reinf. Layer #1	0.00	100.00	120.00	100.10	120.00	105.92	125.62	1.64	Minimum on Edge
Reinf. Layer #2	0.60	100.22	120.60	100.30	120.60	105.90	125.65	1.72	Minimum on Edge
Reinf. Layer #3	1.20	100.44	121.20	101.90	121.20	105.90	125.65	1.77	OK
Reinf. Layer #4	1.80	100.66	121.80	100.80	121.80	105.66	126.33	1.86	Minimum on Edge
Reinf. Layer #5	2.40	100.87	122.40	102.22	122.40	104.71	127.50	1.89	OK
Reinf. Layer #6	3.00	101.09	123.00	102.34	123.00	105.56	126.58	2.04	OK
Reinf. Layer #7	3.60	101.31	123.60	102.44	123.60	105.58	126.53	2.19	OK
Reinf. Layer #8	4.20	101.53	124.20	102.56	124.20	105.34	127.19	2.39	OK
Reinf. Layer #9	4.80	101.75	124.80	102.68	124.80	105.34	127.20	2.68	OK
Reinf. Layer #10	5.40	101.97	125.40	102.10	125.40	105.27	127.38	2.84	Minimum on Edge
Reinf. Layer #11	6.00	102.18	126.00	102.30	126.00	104.22	127.50	3.62	Minimum on Edge
Reinf. Layer #12	6.60	102.40	126.60	102.50	126.60	103.65	127.50	4.40	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.

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

CRITICAL RESULTS OF ROTATIONAL AND TRANSLATIONAL STABILITY ANALYSES

Rotational (Circular Arc; Bishop) Stability Analysis

N O T   C O N D U C T E D

Translational (2-Part Wedge; Spencer), Direct Sliding, Stability Analysis

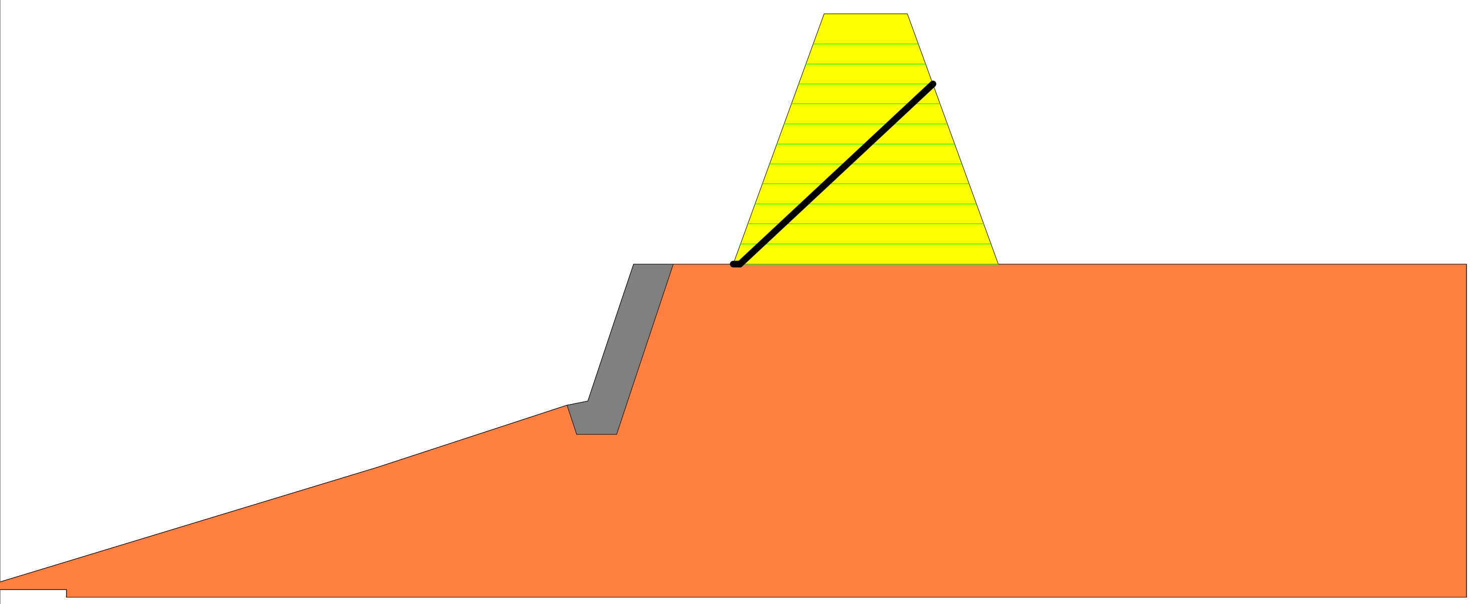
Minimum Factor of Safety = 1.52

Critical Two-Part Wedge: (Xa = 100.00, Ya = 120.00) [m]
(Xb = 100.20, Yb = 120.00) [m]
(Xc = 105.99, Yc = 125.40) [m]
(Number of slices used = 30)
Interslice resultant force inclination = 16.89 [degrees]

Three-Part Wedge Stability Analysis

N O T   C O N D U C T E D

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



SCALE:

0 2 4 6[m]

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

294_CMVC Novate

Report created by ReSSA(3.0): Update #4.21: Copyright (c) 2001-2016, ADAMA Engineering, Inc.

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 294_CMVC Novate
Project Number: sezione tipo 2 -
Client:
Designer: Studio Cancelli Associato

Description:
Analisi Sismica Stabilità globale e a scorrimento - NTC 2018

Company's information:

Name:
Street:
,
Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: X:\Progett ..... O2024\ITA\SS\SS-26-24-PG-NOVATE\SEZ. 2 Sismica.MSE
Original date and time of creating this file: Wed Apr 11 16:29:50 2018

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

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

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......Terreno riempimento............................	18.0	38.0	0.0
.2......scogliera..	32.2	48.0	5.0
.3......terreno in sito..	24.7	42.0	7.0

REINFORCEMENT

Reinforcement Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
1	TENAX TT 045 GS	45.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

Interaction Parameters Type #	Geosynthetic Designated Name	== Direct Sliding == Cds-phi	Cds-c	==== Pullout ==== Ci	Alpha
1	TENAX TT 045 GS	0.90	0.00	0.90	1.00

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

Water is not present

SEISMICITY

Horizontal peak ground acceleration coefficient, Ao = 0.052
Design horizontal seismic coefficient, kh = Am = 0.50 x Ao = 0.026 & design vertical seismic coefficient, kv (up) = -0.500 x kh = -0.013

Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - GENERAL - 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.

GEOMETRY

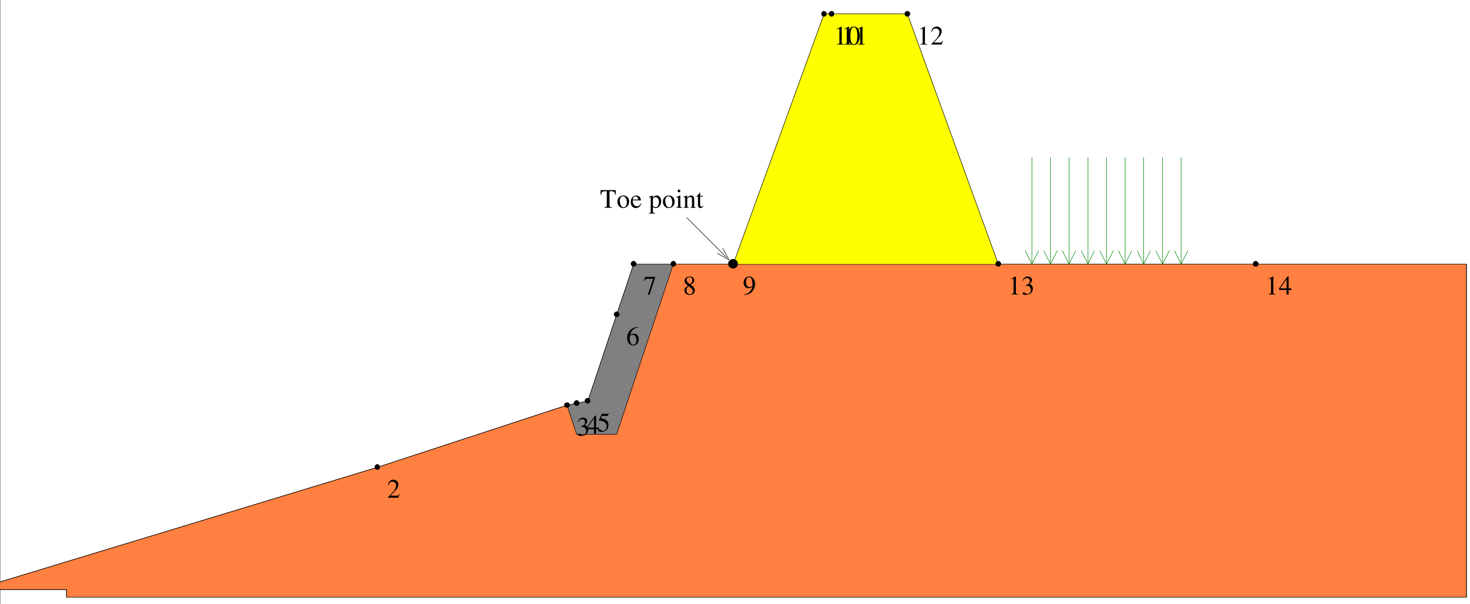
Soil profile contains 3 layers (see details in next page)

UNIFORM SURCHARGE

Load Q1 = 10.00 [kPa] inclined from verical at 0.00 degrees, starts at X1s = 108.96 and ends at X1e = 113.96 [m].
Surcharge load, Q2....................................None
Surcharge load, Q3....................................None

STRIP LOAD

............................None..................................



SCALE:

0 2 4 6 [m]

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

TABULATED DETAILS OF GEMERAL SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

	#	Xi	Yi
Top of Layer 1	1	77.25	110.23
	2	89.33	113.90
	3	95.02	115.76
	4	95.64	115.89
	5	97.02	120.00
	6	100.00	120.00
	7	102.73	127.50
	8	105.23	127.50
	9	107.96	120.00
	10	115.68	120.00
Top of Layer 2	11	77.25	110.23
	12	89.33	113.90
	13	95.02	115.76
	14	95.64	115.89
	15	97.02	120.00
	16	102.96	120.00
	17	107.96	120.00
	18	115.68	120.00
Top of Layer 3	19	77.25	110.23
	20	89.33	113.90
	21	95.02	115.76
	22	95.31	114.89
	23	96.51	114.89
	24	98.21	120.00
	25	102.96	120.00
	26	107.96	120.00
	27	115.68	120.00

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

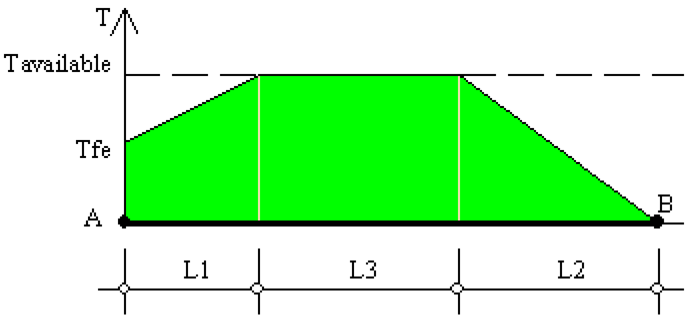
TABULATED DETAILS OF SPECIFIED GEOMETRY

Soil profile contains 3 layers. Coordinates in [m.]

#	X	Y1	Y2	Y3
1	77.25	110.23	110.23	110.23
2	89.33	113.90	113.90	113.90
3	95.02	115.76	115.76	115.76
4	95.31	115.82	115.82	114.89
5	95.64	115.89	115.89	114.89
6	96.51	118.48	118.48	114.89
7	97.02	120.00	120.00	116.42
8	98.21	120.00	120.00	120.00
9	100.00	120.00	120.00	120.00
10	102.73	127.50	120.00	120.00
11	102.96	127.50	120.00	120.00
12	105.23	127.50	120.00	120.00
13	107.96	120.00	120.00	120.00
14	115.68	120.00	120.00	120.00

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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, Fs-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	TENAX TT 045 GS	0.00	7.95	0.00	0.88	7.07	18.44	18.44
2	TENAX TT 045 GS	0.60	7.51	0.00	0.87	6.64	18.44	18.44
3	TENAX TT 045 GS	1.20	7.08	0.00	0.88	6.20	18.44	18.44
4	TENAX TT 045 GS	1.80	6.64	0.00	0.88	5.76	18.44	18.44
5	TENAX TT 045 GS	2.40	6.20	0.00	0.87	5.33	18.44	18.44
6	TENAX TT 045 GS	3.00	5.77	0.00	0.88	4.89	18.44	18.44
7	TENAX TT 045 GS	3.60	5.33	0.00	0.88	4.45	18.44	18.44
8	TENAX TT 045 GS	4.20	4.89	0.00	0.87	4.02	18.44	18.44
9	TENAX TT 045 GS	4.80	4.46	0.00	0.88	3.58	18.44	18.44
10	TENAX TT 045 GS	5.40	4.02	0.00	0.89	3.13	18.44	18.44
11	TENAX TT 045 GS	6.00	3.58	0.00	0.98	2.60	18.44	18.44
12	TENAX TT 045 GS	6.60	3.15	0.00	1.36	1.79	18.44	18.44

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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	102.70	127.42	95.63	115.99	89.85	127.46	12.85	2.35	
2	103.11	127.50	95.64	115.97	90.26	127.64	12.85	2.07	
3	103.51	127.50	95.65	115.95	91.00	127.58	12.52	1.86	
4	103.92	127.50	95.65	115.94	91.41	127.71	12.51	1.77	
5	104.33	127.50	95.51	115.88	92.12	127.61	12.21	1.71	
6	104.74	127.50	95.51	115.87	92.53	127.70	12.20	1.69	
7	105.14	127.50	95.52	115.88	91.82	128.74	13.38	1.67	
8	105.55	126.62	95.65	115.94	90.45	130.69	15.64	1.64	
. 9	105.96	125.51	95.64	115.96	88.15	134.40	19.91	1.60 .	OK
10	106.36	124.39	95.62	115.95	86.55	138.54	24.35	1.63	
11	106.77	123.27	95.61	115.95	81.81	149.15	35.96	1.73	
12	107.18	122.15	88.49	113.71	89.11	137.25	23.54	1.87	
13	107.58	121.03	86.94	113.18	88.78	139.39	26.28	2.03	
14	107.99	120.00	84.30	112.38	87.92	141.75	29.60	2.21	
15	108.40	120.00	83.40	112.11	87.27	143.39	31.52	2.27	
16	108.80	120.00	81.99	111.72	85.81	146.90	35.38	2.33	
17	109.21	120.00	80.64	111.33	84.77	149.10	38.00	2.38	
18	109.62	120.00	80.62	111.33	84.86	149.96	38.86	2.43	
19	110.02	120.00	80.60	111.33	84.95	150.82	39.73	2.48	
20	110.43	120.00	80.58	111.33	85.04	151.69	40.61	2.53	
21	110.84	120.00	80.55	111.34	85.14	152.57	41.49	2.58	
22	111.25	120.00	80.53	111.34	85.23	153.46	42.38	2.63	
23	111.65	120.00	80.51	111.34	85.32	154.35	43.28	2.68	
24	112.06	120.00	80.48	111.34	85.42	155.25	44.19	2.73	
25	112.47	120.00	80.79	111.31	85.51	156.16	45.10	2.78	
26	112.87	120.00	80.77	111.31	85.61	157.08	46.02	2.83	
27	113.28	120.00	80.47	111.35	86.27	155.89	44.91	2.88	
28	113.69	120.00	80.73	111.32	85.81	158.93	47.89	2.93	
29	114.09	120.00	80.71	111.32	85.90	159.87	48.83	2.98	
30	114.50	120.00	80.68	111.32	86.00	160.81	49.78	3.03	

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.

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

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 exit point (considering all specified entry points).

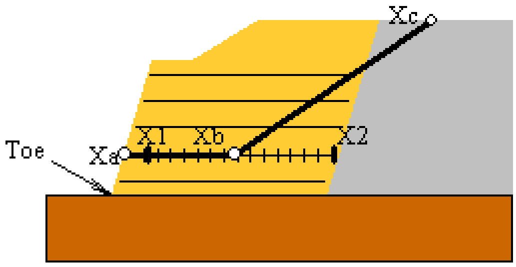
Exit Point #	Exit Point (X, Y) [m]		Entry Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	80.73	111.31	106.36	124.39	82.74	139.04	27.80	1.92	
2	81.18	111.45	106.36	124.39	83.14	138.61	27.23	1.91	
3	81.62	111.58	106.36	124.39	83.54	138.18	26.67	1.89	
4	82.07	111.71	106.36	124.39	83.94	137.75	26.10	1.88	
5	82.51	111.84	106.36	124.39	84.34	137.32	25.54	1.86	
6	82.96	111.98	106.36	124.39	84.74	136.90	24.98	1.85	
7	83.40	112.11	106.36	124.39	85.14	136.48	24.43	1.83	
8	83.85	112.24	106.36	124.39	85.54	136.05	23.87	1.82	
9	84.29	112.38	106.36	124.39	85.94	135.64	23.32	1.81	
10	84.74	112.51	106.36	124.39	86.34	135.22	22.77	1.79	
11	85.18	112.64	106.36	124.39	86.74	134.81	22.22	1.78	
12	85.62	112.78	106.36	124.39	87.14	134.40	21.67	1.77	
13	85.82	112.93	106.36	124.39	87.54	133.99	21.13	1.76	
14	86.27	113.06	106.36	124.39	87.94	133.58	20.59	1.75	
15	86.72	113.19	106.36	124.39	88.34	133.18	20.05	1.74	
16	87.17	113.32	106.36	124.39	88.74	132.77	19.51	1.73	
17	87.77	113.45	105.96	125.51	89.34	130.82	17.44	1.72	
18	88.18	113.58	105.96	125.51	89.74	130.47	16.96	1.71	
19	88.70	113.71	105.96	125.51	88.70	132.23	18.52	1.70	
20	89.04	113.84	105.96	125.51	88.82	132.26	18.42	1.69	
21	89.55	113.98	105.96	125.51	88.94	132.29	18.32	1.69	
22	89.95	114.12	105.96	125.51	89.40	131.85	17.73	1.68	
23	90.35	114.26	105.96	125.51	89.53	131.85	17.61	1.67	
24	90.76	114.40	105.96	125.51	89.67	131.84	17.47	1.66	
25	91.18	114.54	105.96	125.51	89.82	131.81	17.32	1.66	
26	91.61	114.68	105.96	125.51	89.98	131.77	17.16	1.65	
27	92.05	114.82	105.96	125.51	90.14	131.70	16.99	1.65	
28	92.50	114.96	105.96	125.51	90.31	131.62	16.80	1.65	
29	92.96	115.11	105.96	125.51	90.11	131.98	17.12	1.64	
30	93.43	115.25	105.96	125.51	90.30	131.85	16.89	1.64	
31	93.91	115.40	105.96	125.51	90.50	131.70	16.65	1.64	
32	94.25	115.53	105.96	125.51	91.10	131.07	15.86	1.64	
33	94.75	115.68	105.96	125.51	92.05	130.07	14.64	1.65	
34	95.64	115.96	105.96	125.51	88.15	134.40	19.91	1.60 .	OK
35	95.71	116.12	105.96	125.51	88.29	134.50	19.82	1.64	
36	96.11	117.42	105.96	125.51	92.96	131.30	14.23	1.94	
37	96.51	118.74	105.96	125.51	96.76	128.36	9.63	2.31	
38	96.95	120.03	105.96	125.51	98.99	126.81	7.09	2.45	
39	97.46	120.00	105.96	125.51	99.15	126.71	6.92	2.42	
40	97.88	120.01	105.96	125.51	99.22	126.72	6.85	2.41	
41	98.29	120.01	105.96	125.51	99.29	126.70	6.77	2.40	
42	98.75	120.00	105.96	125.51	99.48	126.52	6.56	2.39	
43	99.20	120.00	105.96	125.51	99.67	126.32	6.34	2.38	
44	99.65	120.00	105.96	125.51	99.88	126.10	6.10	2.38	
45	100.04	120.27	105.96	125.51	97.85	128.71	8.72	2.15	
46	100.47	121.49	105.55	126.62	99.85	127.18	5.73	2.58	
47	100.97	122.70	105.55	126.62	101.14	127.14	4.44	3.31	
48	101.38	123.91	105.55	126.62	101.94	127.61	3.74	4.85	
49	101.86	125.12	105.55	126.62	103.05	127.46	2.63	7.86	
50	102.28	126.32	105.55	126.62	103.33	132.82	6.58	8.19	

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.

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

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	100.00	120.00	100.70	120.00	105.60	126.50	1.46	OK
. Reinf. Layer #1	0.00	100.00	120.00	101.14	120.00	105.51	126.73	1.46	OK
Reinf. Layer #2	0.60	100.22	120.60	101.29	120.60	105.59	126.52	1.48	OK
Reinf. Layer #3	1.20	100.44	121.20	101.43	121.20	105.90	125.67	1.53	OK
Reinf. Layer #4	1.80	100.66	121.80	101.67	121.80	105.72	126.15	1.58	OK
Reinf. Layer #5	2.40	100.87	122.40	101.81	122.40	105.53	126.68	1.66	OK
Reinf. Layer #6	3.00	101.09	123.00	102.34	123.00	104.63	127.50	1.89	OK
Reinf. Layer #7	3.60	101.31	123.60	101.75	123.60	105.27	127.38	2.00	OK
Reinf. Layer #8	4.20	101.53	124.20	102.24	124.20	105.37	127.12	2.07	OK
Reinf. Layer #9	4.80	101.75	124.80	102.39	124.80	105.32	127.26	2.45	OK
Reinf. Layer #10	5.40	101.97	125.40	102.36	125.40	104.53	127.50	2.79	OK
Reinf. Layer #11	6.00	102.18	126.00	102.53	126.00	104.14	127.50	3.26	OK
Reinf. Layer #12	6.60	102.40	126.60	102.71	126.60	103.74	127.50	4.07	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.

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

CRITICAL RESULTS OF ROTATIONAL AND TRANSLATIONAL STABILITY ANALYSES

Rotational (Circular Arc; Bishop) Stability Analysis with slip surfaces excluded from this polygon:

Minimum Factor of Safety = 1.60

Critical Circle: Xc = 88.15[m], Yc = 134.40[m], R = 19.91[m]. (Number of slices used = 56)

Translational (2-Part Wedge; Spencer), Direct Sliding, Stability Analysis

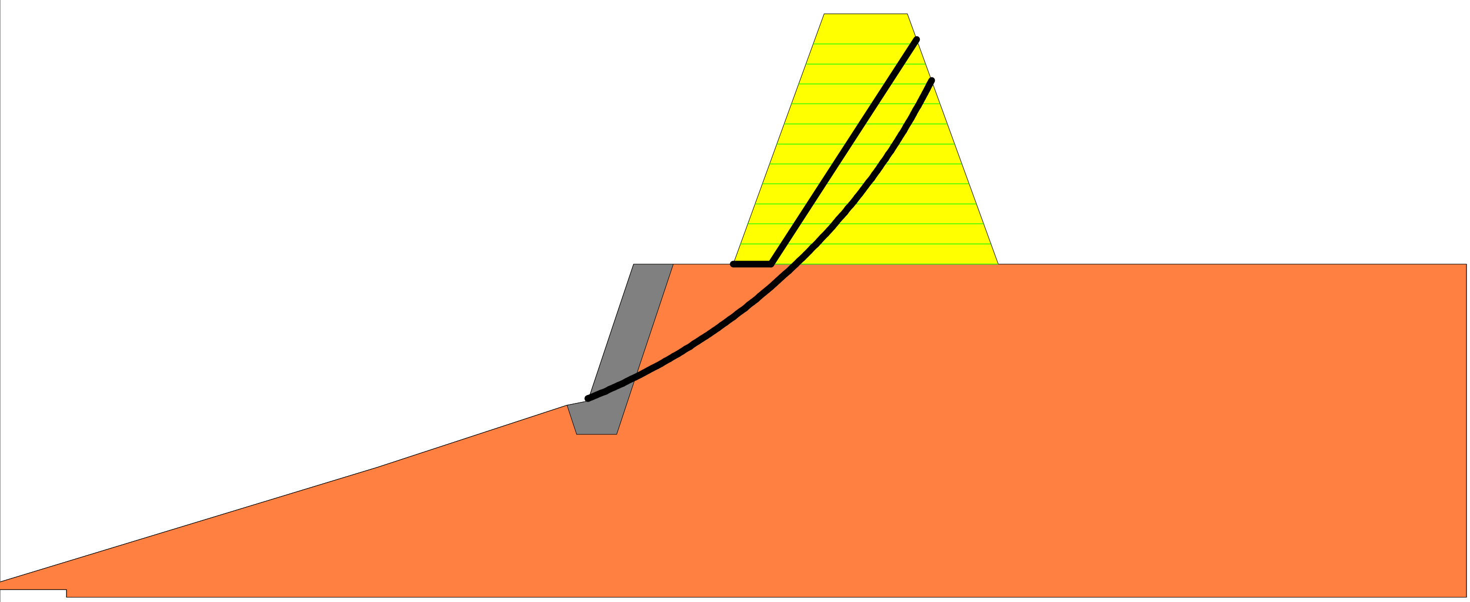
Minimum Factor of Safety = 1.46

Critical Two-Part Wedge: (Xa = 100.00, Ya = 120.00) [m]
(Xb = 101.14, Yb = 120.00) [m]
(Xc = 105.51, Yc = 126.73) [m]
(Number of slices used = 30)
Interslice resultant force inclination = 15.32 [degrees]

Three-Part Wedge Stability Analysis

N O T C O N D U C T E D

REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING



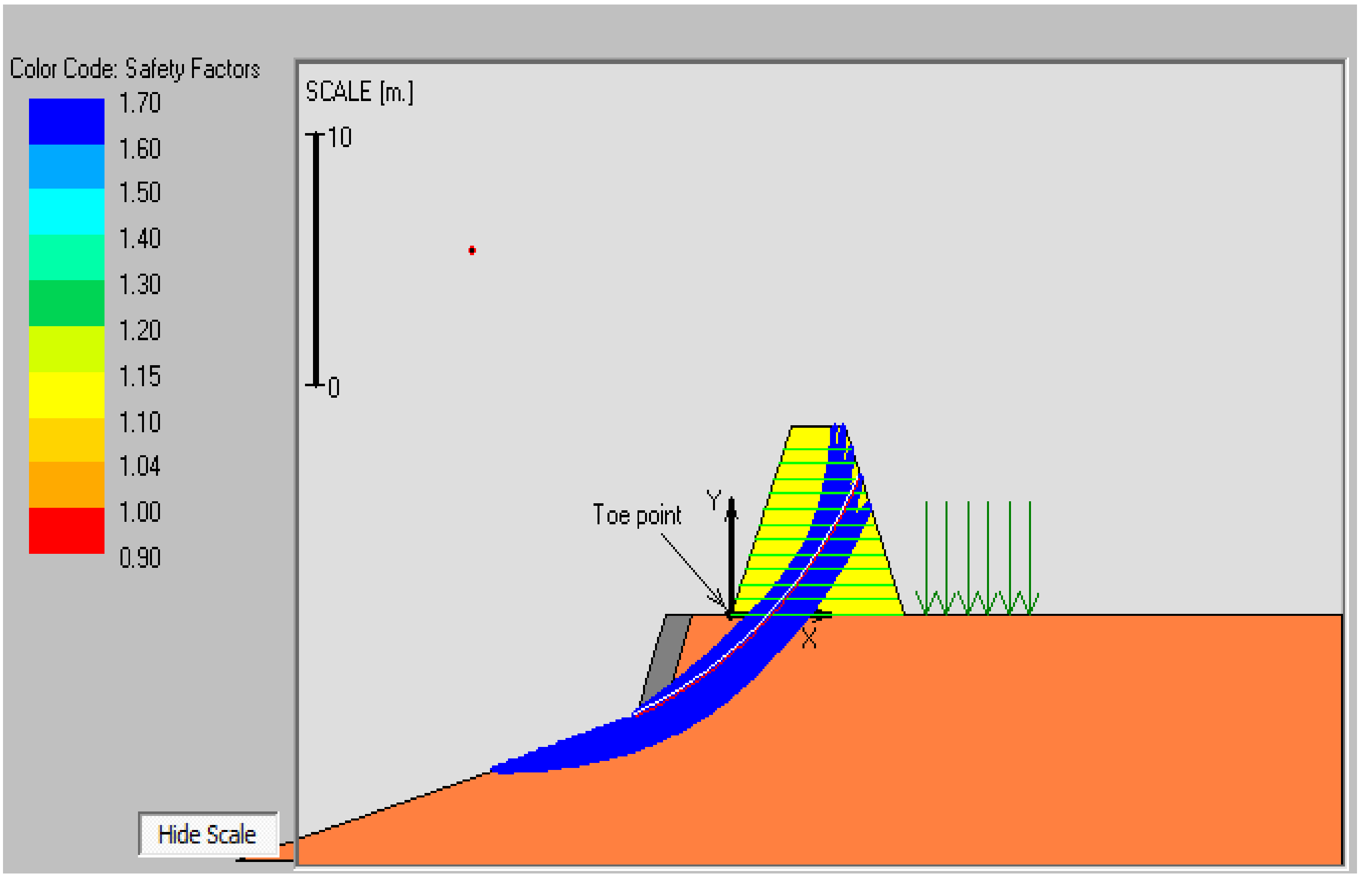
SCALE:

0 2 4 6[m]

Version 3.0 ReSSA Version 3.0

Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com License number ReSSA-301775

SAFETY MAP: BISHOP ROTATIONAL ANALYSIS MODE



Copyright © 2001-2016 ADAMA Engineering, Inc. www.GeoPrograms.com
License number ReSSA-301775