



ANAS S.p.A.

Direzione Generale

DG 41/08

LAVORI DI COSTRUZIONE DEL 3° MEGALOTTO DELLA S.S. 106 JONICA - CAT. B - DALL'INNESTO CON LA S.S. 534 (km 365+150) A ROSETO CAPO SPULICO (km 400+000)

PROGETTO ESECUTIVO

VIABILITA' INTERFERITA

Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2

Muro di sostegno

Relazione di calcolo

CONTRAENTE GENERALE:

Società di Progetto

SIRJO S.C.p.A.

Presidente:

Dott. Arch. Maria Elena Cuzzocrea

PROGETTAZIONE :



Il progettista:  
Dott. Ing. S.Lieto

Consulenti:

- STE - Progetto stradale ed Idraulica
- ROCKSOIL - Opere in sotterraneo
- ITALCONSULT/SETECO - Strutture
- GEO DATA - Geologia e Idrogeologia
- GES - Geotecnica
- CINIGEO - Gallerie grisuose
- ECOPLAME - Ambiente
- LAND - Archeologia
- PROMETEOENGINEERING.IT - Sicurezza ed Impianti
- Ing. F.GATTO - Interferenze
- TECO - Espropri

Il coordinatore per la sicurezza:

ing. L.A. Gargiulo

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. R. Lapenta



Rep.: -

Scala di rappresentazione: -

Codice Progetto:

Codice Elaborato:

L O 7 1 6 C E 1 9 0 1 T 0 4 I N B 4 T R A R E 0 1 A

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	15.04.2019	Emissione	Ing. D. Di Renzo	Ing. F.M. La Camera	Ing. S. Lieto

<b>Codifica:</b> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<b>Data:</b> 15/04/2019	<b>Pag.</b> 1 di 54
---	---	----------------------------	------------------------

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>4</b>
	<b>3.1. REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE.....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE .....</b>	<b>7</b>
	<b>4.1. STESA DEL MATERIALE .....</b>	<b>7</b>
	<b>4.2. COMPATTAZIONE .....</b>	<b>7</b>
	<b>4.3. CONDIZIONI CLIMATICHE .....</b>	<b>8</b>
	<b>4.4. RILEVATI DI PROVA.....</b>	<b>8</b>
	<b>4.5. PROVE DI CONTROLLO .....</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>9</b>
	<b>5.1. REGIME IDRAULICO .....</b>	<b>9</b>
<b>6.</b>	<b>DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....</b>	<b>10</b>
<b>7.</b>	<b>CRITERI E VERIFICA DELLE OPERE .....</b>	<b>13</b>
	<b>7.1. AZIONI .....</b>	<b>13</b>
	<b>7.2. APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA.....</b>	<b>13</b>
	<b>7.2.1. Coefficienti di sicurezza parziali .....</b>	<b>15</b>
	<b>7.3. IPOTESI DI CALCOLO .....</b>	<b>16</b>
	<b>7.4. METODI DI ANALISI .....</b>	<b>17</b>
	<b>7.4.1. Macres 2.03 Beta .....</b>	<b>17</b>
	<b>7.4.2. MacStARS W Release 4.0.....</b>	<b>23</b>
	<b>7.4.3. Generazione delle superfici di rottura .....</b>	<b>28</b>
	<b>7.4.4. Carichi dinamici dovuti a forze di natura sismiche .....</b>	<b>29</b>
<b>8.</b>	<b>VERIFICA DELL'OPERA DI SOSTEGNO .....</b>	<b>31</b>
	<b>8.1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>31</b>
	<b>8.2. RISULTATI DELL'ANALISI .....</b>	<b>31</b>
	<b>8.3. TABULATI DI CALCOLO .....</b>	<b>32</b>

<b>Codifica:</b> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<b>Data:</b> 15/04/2019	<b>Pag.</b> 2 di 54
---	--	----------------------------	------------------------

## 1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo ha per oggetto l'analisi e le relative verifiche del muro in terra rinforzata a paramento verticale in pannelli di calcestruzzo, a sostegno del tratto Complanare provvisoria da realizzarsi in corrispondenza della galleria artificiale Roseto 2, e facente parte delle opere di sostegno da realizzarsi nell'ambito del progetto esecutivo per i "Lavori di costruzione del 3° megalotto della S.S 106 Jonica – Cat B – dall'innesto con la S.S. 534 (Km 365+150) a Roseto Capo Spulico (km 400+000) ”.

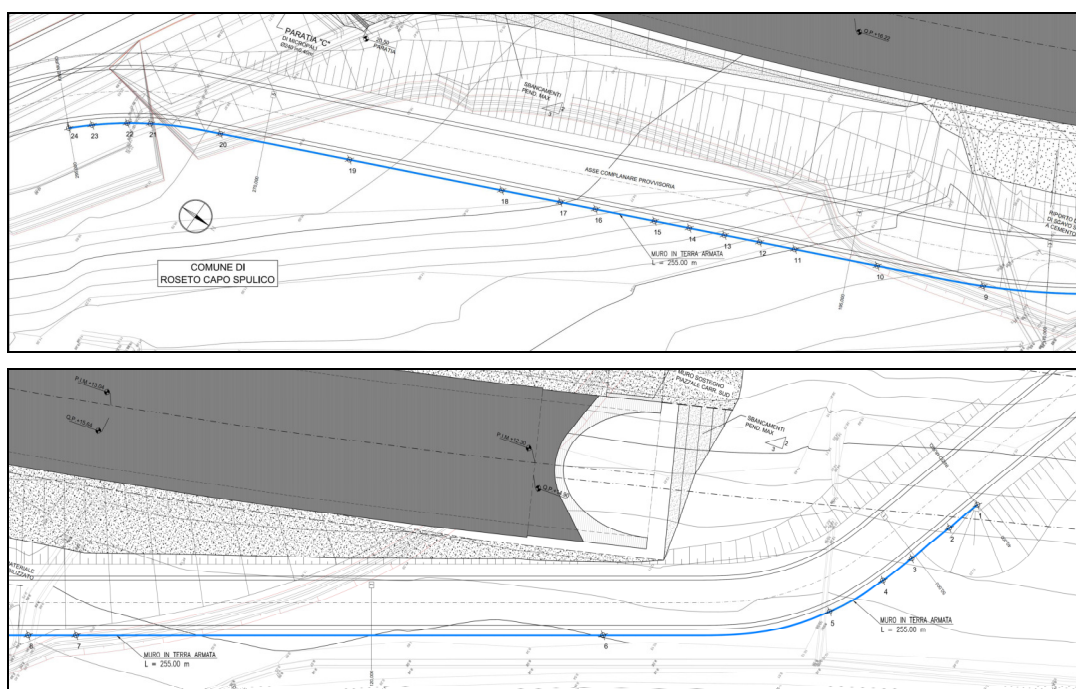
Il principio di funzionamento del sistema Macres si basa sull'attrito tra i rinforzi lineari, ed il rilevato di riempimento. Risulta quindi fattore importante per il dimensionamento, il materiale di riempimento del massiccio in terra armata e le sue caratteristiche fisiche (angolo di attrito, coesione e peso specifico).

La lunghezza, la sezione ed il numero dei rinforzi nel rilevato vengono calcolati in funzione della spinta dei terreni e dei sovraccarichi eventualmente presenti sul massiccio e a monte dello stesso: i rinforzi infatti sono dimensionati in base agli sforzi di trazione trasmessi loro dal terreno per effetto dell'aderenza.

La relazione è composta di due sezioni:

- la prima illustra le ipotesi di calcolo con riferimento sia alla stabilità esterna che al dimensionamento interno;
- la seconda comprende l'output del calcolatore con le verifiche del numero e della lunghezza dei rinforzi per le sezioni più significative.

A seguire lo stralcio planimetrico ed il prospetto dell'opera in oggetto:



**Figura 1 – Stralci planimetrici**

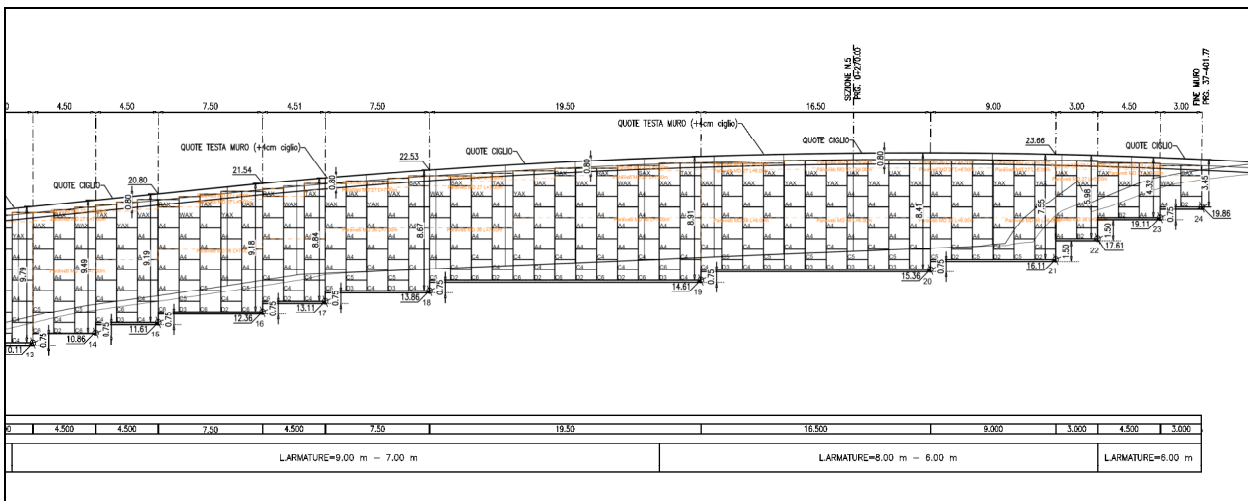
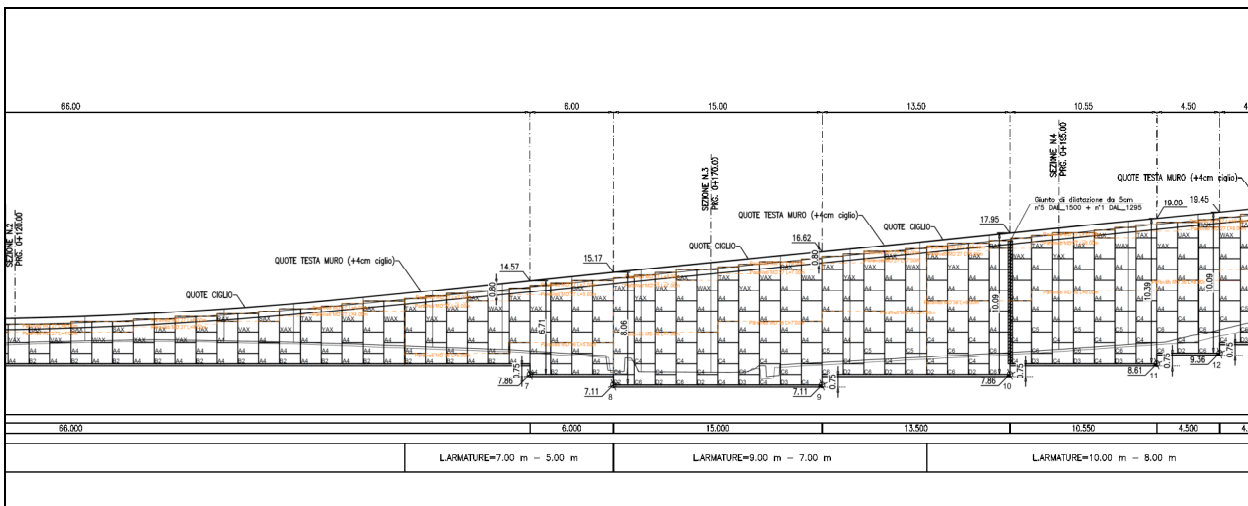
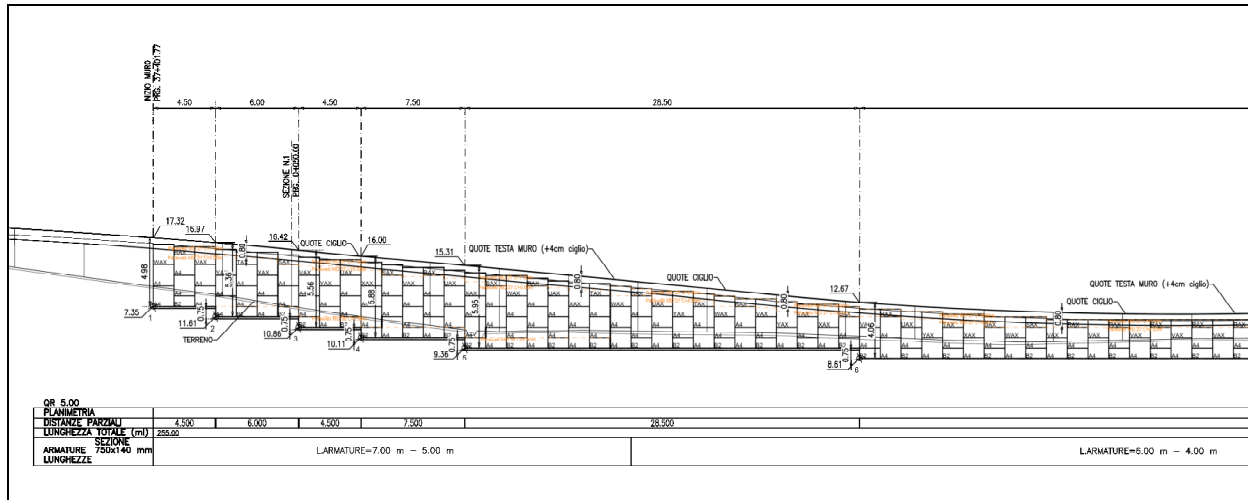


Figura 2 – Prospetto

Il muro presenta altezza variabile, con un massimo di 10.50 m; si riportano di seguito le analisi per le diverse sezioni di calcolo.

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 4 di 54
--	---	---------------------	-----------------

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per quanto attiene ai valori dei coefficienti ed ai metodi di calcolo specifici per le terre rinforzate:

- 1) Norme tecniche sulle Costruzioni Approvate con D.Min. 14/01/2008
- 2) Circolare al D.M. del 14/02/2008
- 3) Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”, Aprile 1997.
- 4) Eurocodice 8 – “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1: Regole generali - azioni sismiche e requisiti generali per le strutture”, Ottobre 1997.
- 5) Eurocodice 8 – “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”, Febbraio 1998.
- 6) NF P 94-270 - “Ouvrages de soutènement: remblais renforcés et massifs en sol cloué”
- 7) BS 8006:2016 – “Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills”
- 8) UNI EN 14475 – Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata
- 9) UNI 10006 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre
- 10) UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade
- 11) UNI EN 13285 - Miscele non legate - Specifiche
- 12) UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione

## 3. MATERIALI

Nella stesura della presente relazione è stato previsto l'impiego dei seguenti materiali:

- **Rinforzi polimerici del terreno**

In filamenti di poliestere ad alta resistenza racchiusi in una guaina in polietilene.

Caratteristiche geometriche e meccaniche:

PARAWEB	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Resistenza a rottura UTS (kN)	Allungamento a UTS (%)
MD 27	46	1.8	27.14	9.5
MD 36	47	2.2	36.18	9.5

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 5 di 54
---	---	----------------------------	------------------------

- **Pannelli in calcestruzzo armato o non armato**

Pannelli con marchiatura CE secondo quanto previsto nell'Allegato ZA della norma EN15258:08.

Calcestruzzo tipo C32/40, classe di esposizione XF1 con resistenza caratteristica a compressione cubica  $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ .

Armatura pannelli in calcestruzzo armato (ove presente) in acciaio tipo B450C.

- **Cordolo di livellamento non armato**

Calcestruzzo tipo Rck 15 con resistenza caratteristica a compressione cubica  $R_{ck} > 15 \text{ N/mm}^2$ .

### 3.1. REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera, potrà provenire sia da scavi precedentemente eseguiti sia da cave di prestito e facendo riferimento alle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 dovrà appartenere ai A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 con esclusione di pezzature superiori a 250mm.

Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale.

In ogni caso dovranno essere rispettate le seguenti condizioni:

- a) Il materiale da rilevato sarà idoneo quando la percentuale passante al setaccio da 75 micron (0,075 mm.), secondo l'analisi granulometrica, è inferiore del 15%.
- b) Qualora non fosse verificata la precedente condizione a), il materiale da rilevato sarà comunque considerato idoneo quando:
  - o la percentuale del campione esaminato per sedimentazione passante al vaglio di 15 micron (0,015 mm.), è inferiore al 10%;
  - o la percentuale sulle prove realizzate per sedimentazione rimane compresa tra il 10% e 20% e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio su campioni saturi, è superiore a 25°.

In ogni caso saranno esclusi elementi di diametro maggiore o uguale a 250mm, e i materiali che, da prove opportune, presentino angoli d'attrito minori di quelli previsti in progetto.

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 6 di 54
---	--	----------------------------	------------------------

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere superiore a quanto indicato nella presente relazione al capitolo "ipotesi di calcolo". Tale materiale dovrà essere compattato fino a raggiungere il 95% della densità secca AASHTO (ASTM D1557).

Il valore di attività degli ioni (pH) misurato sull'acqua del campione di terra saturato, dovrà essere compreso tra 5 e 10.

Il contenuto in cloruri e solfati dovrà essere determinato soltanto per quei materiali la cui resistività sia compresa tra i 1.000 e i 5.000 Ohm cm. e in questo caso non dovrà eccedere i seguenti valori:

	<i>Opere a secco</i>	<i>Opere in acqua dolce</i>	<i>Metodo di Prova di Riferimento</i>
[Cl-]	200 mg/kg	100 mg/kg	UNI EN 1744-1
[SO4==]	200 mg/l	100 mg/l	EN 196-2
[NH4+]	15 mg/l	15 mg/l	ISO 7150-1 o 7150-2
[Mg++]	300 mg/l	300 mg/l	ISO 7980

Per la determinazione dell'idoneità del materiale da porre in opera nella porzione rinforzata del rilevato si effettueranno preventivamente le seguenti prove:

- analisi granulometrica con relativa classificazione CNR-UNI 10006;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova Proctor per la determinazione del grado di umidità ottimale - AASHTO mod. T180.
- prova di compattazione AASHTO;
- Determinazione del valore della resistività e del pH per ogni campione della stessa provenienza.

Materiali non conformi alle specifiche potranno essere usati solo su autorizzazione scritta del progettista ed approvate dalla DD.LL.

<b>Codifica:</b> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<b>Data:</b> 15/04/2019	<b>Pag.</b> 7 di 54
---	---	----------------------------	------------------------

#### **4. ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA REALIZZAZIONE DEL RILEVATO STRUTTURALE**

Il materiale verrà posto in opera per strati di altezza pari a circa 375 mm.

La posa del rilevato seguirà immediatamente il montaggio di ciascuna fila di pannelli; in corrispondenza di ogni strato di rinforzo il materiale sarà steso e compattato prima della posa e del fissaggio delle stesse.

##### **4.1. STESA DEL MATERIALE**

La stesa del materiale dovrà essere eseguita sistematicamente per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte ad evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro, e ad opera ultimata, si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 4%, perpendicolare al paramento e a scendere verso la coda dei rinforzi.

Lo spessore del materiale sciolto di ogni singolo strato di rilevato non dovrà risultare superiore a 40 cm. La stesa avverrà sempre parallelamente al paramento esterno.

##### **4.2. COMPATTAZIONE**

Il grado di compattazione sarà  $\geq 95\%$  del valore fornito dalla prova AASHTO mod. T 180. La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ( $\pm 1,5\%$  ca.) a quello ottimale determinato mediante la prova AASHTO mod. T 180.

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione. Se inferiore l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme dell'acqua entro l'intero spessore dello strato.

Tipo, caratteristiche e numero dei mezzi di compattazione, e anche le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza), dovranno essere tali da garantire le caratteristiche del rilevato Strutturale di cui al capitolo precedente.

La compattazione a tergo del paramento dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento.

In particolare, si dovrà evitare che grossi rulli vibranti operino entro una distanza  $\leq 1,5$  m dai paramenti della terra armata.



<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviiazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 8 di 54
---	--	----------------------------	------------------------

A questa distanza si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, piccoli rulli vibranti, badando a garantire i valori di densità richiesti, operando, se necessario, su strati di spessore ridotto.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta sul terreno già steso, si dovrà provvedere al ripristino delle zone danneggiate.

#### **4.3. CONDIZIONI CLIMATICHE**

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia). Nella esecuzione di rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei rulli gommati che permettano la chiusura della superficie dell'ultimo strato in caso di pioggia.

#### **4.4. RILEVATI DI PROVA**

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Impresa procederà alla esecuzione dei rilevati di prova.

In particolare, si potrà fare ricorso ai rilevati di prova per verificare l'idoneità di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli.

Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc.), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati.

#### **4.5. PROVE DI CONTROLLO**

Prima che venga messo in opera uno strato di terreno nel rilevato rinforzato, quello precedente dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La frequenza delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e potrà essere aumentata, in considerazione della maggiore o minore omogeneità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 9 di 54
---	--	----------------------------	------------------------

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative in relazione alle caratteristiche dei terreni utilizzati.

La serie di prove sui primi 5000 mc. Potrà essere effettuata una sola volta a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e siano costanti le modalità di compattazione.

FREQUENZA MINIMA DELLE PROVE  
RILEVATI RINFORZATI DA RINFORZI LINEARI

Tipo di Prova	PRIMI 5000 mc Ripetere la prova ogni (m3)	SUCCESSIVI mc Ripetere la prova ogni (m3)
Classif. CNR - UNI 10006	2000	5000
pH	2000 <sup>a</sup>	5000
Contenuto in cloruri e solfati per valori di resistività tra 1000/5000 Ohm.cm	5000 <sup>a</sup>	5000
Costip. AASHTO Mod. CNR	2000	5000
Densità in sito CNR 22	250	1000
Carico su piastra CNR 9 - 70317	1000	5000
Controllo umidità	*	*

NOTE:

a – Prove da effettuare solo nel caso di utilizzo di rinforzi in acciaio

\* Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali ed alle caratteristiche di omogeneità dei materiali costituenti il rilevato

## 5. PARAMETRI GEOTECNICI

Per la definizione del modello geotecnico nonché della successione stratigrafica si è fatto riferimento alla Relazione Geotecnica Generale. Di seguito si riportano le caratteristiche fisiche, i parametri di deformabilità e di resistenza dei terreni interessati dall'opera.

Unità Geotecnica	$\gamma$	$c'$	$c_u$	$\phi'$	$E'$
	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(°)	(MPa)
<b>Sicilide cv (argille varicolori)</b>	21.0	0	60÷100	24	12÷22

Figura 3 – Modello geotecnico da Relazione Geotecnica

### 5.1. REGIME IDRAULICO

La profondità della falda, per l'opera in oggetto, è di 7 m circa dal piano di campagna (per i dettagli si rimanda al profilo geologico generale).

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviiazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 10 di 54
---	--	----------------------------	-------------------------

## 6. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'effetto dell'azione sismica di progetto, sull'opera nel suo complesso, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma (NTC 2008).

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (**SLD**) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 (NTC).

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Le azioni sismiche sono valutate in relazione al periodo di riferimento della struttura, che si ricava moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U.$$

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 11 di 54
--	--	---------------------	------------------

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I della norma:

**Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere**

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le strutture di oggetto, ricadenti nel comune di Roseto Capo Spulico (Cosenza), si definisce una vita nominale  $V_N$  pari a 50 anni e una classe d'uso IV a cui corrisponde il coefficiente  $C_U$  pari a 2 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a  $V_R = V_N \cdot C_U = 100$  anni.

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica,  $P_{VR}$ , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo  $V_R$  dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto,  $T_R$ , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_C^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti dalle tabelle nell'Allegato B delle NTC2008. L'accelerazione  $a_g$  è espressa in g;  $F_0$  è adimensionale,  $T_C^*$  è espresso in secondi.

Si riportano di seguito le grandezze sismiche riferite al comune di Roseto Capo Spulico:

Parametri sismici	$T_R$ [anni]	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$ [...]	$T_C^*$ [s]
<input type="radio"/> SLO	60	0,483	2,446	0,337
<input checked="" type="radio"/> SLD	101	0,589	2,519	0,368
<input checked="" type="radio"/> SLV	949	1,277	2,634	0,495
<input type="radio"/> SLC	1950	1,543	2,732	0,519

Tabella 1 – Parametri Sismici su sito di riferimento rigido

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 14/01/2008):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

$a_g$ : l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

$S_s$ : fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici  $F_0$  e  $a_g/g$  (Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008);

$S_T$ : fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

La categoria di sottosuolo è stata definita sulla base delle prove sismiche effettuate. La categoria topografica è stata definita considerando le inclinazioni del versante interagente con l'opera di sostegno.

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica sono riassunti nella seguente tabella:

Stato limite	SLV	SLD
$T_R$	949	101
$a_g/g$	0.130	0.060
$F_0$	2.634	2.519
Categoria sottosuolo	C	C
$S_s$	1.494	1.500
Categoria topografica	T2	T2
$S_T$	1.200	1.200
$a_{\max}/g$	0.233	0.108

Tabella 2 – Parametri per la definizione dell'azione sismica

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 13 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

## 7. CRITERI E VERIFICA DELLE OPERE

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/09 (rif. [1] e rif. [2]).

### 7.1. AZIONI

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno dell'imbocco sono le seguenti:

- azioni **permanenti strutturali**: peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- azioni **variabili**: carico variabile sul piano campagna a monte della struttura di sostegno,  $Q_{1M}$ , atto a schematizzare nella fase costruttiva l'eventuale presenza di sovraccarichi di varia natura connessi alla realizzazione delle opere ( $q=20$  kN/mq)

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio.

### 7.2. APPROCCI PROGETTUALI E METODI DI VERIFICA

In accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 - capitolo 6 – sono stati applicati coefficienti parziali ai carichi, ai parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo).

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2.

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO) cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione e per la verifica di Portanza della Fondazione si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2, in accordo con quanto riportato nella Circolare Interpretativa par. C6.5.3.1.1)

Per quanto riguarda invece le verifiche e agli SLU di tipo strutturale (STR) (par. 6.5.3.1.1 Muri di sostegno), per le Verifiche di resistenza degli elementi strutturali si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: A2+M2+R2.

In accordo con Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 - capitolo 7.11 – sono state condotte anche le verifiche in condizioni Sismiche applicando i

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviiazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 14 di 54
---	--	----------------------------	-------------------------

coefficienti parziali dei parametri geotecnici ed alle resistenze (come definiti nel capitolo successivo), mentre i coefficienti parziali dei carichi sono stati posti pari ad 1.

Per quanto riguarda la stabilità globale si è utilizzato l'Approccio 1 Combinazione 2: M2+R2+kh+kh

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU di tipo geotecnico (GEO), cioè per le Verifiche Esterne a Scorrimento della Fondazione e per la verifica di Portanza della Fondazione, si è utilizzato l'Approccio 1 - Combinazione 2: M2+R2+kh+kh, in accordo con quanto riportato nella Circolare Interpretativa par. C6.5.3.1.1).

Si riportano di seguito le condizioni di carico analizzate:

**Condizione di carico A:** (caso A) Vengono considerati sfavorevoli tutti i carichi  $G_w$  (applicazione del valore massimo di progetto),  $G_p$ ,  $Q_w$  e  $Q_p$ . Tale condizione risulta dimensionante ai fini della Verifica Esterna per la valutazione dei carichi massimi in fondazione e per la Verifica Interna alla rottura dei rinforzi.

**Condizione di carico B:** (caso B) Vengono considerati favorevoli il peso proprio della struttura  $G_w$  (applicazione del Valore minimo di Progetto) ed i carichi Variabili applicati al di sopra della struttura stessa  $Q_w$ . Vengono considerati sfavorevoli i carichi permanenti a tergo della struttura (spinta del terreno)  $G_p$  ed il corrispondente effetto dei carichi variabili che non gravano sulla struttura ma che sono a tergo della stessa  $Q_p$ . Tale condizione risulta dimensionante ai fini della Verifica Esterna a Scorrimento.

**Condizione di carico C:** (caso C) Vengono considerati pari all'unità i coefficienti parziali dei carichi Permanenti  $G_w$ ,  $G_p$  e considera nulli i coefficienti parziali dei carichi Variabili  $Q_w$  e  $Q_p$ . Tale condizione risulta dimensionante nell'analisi dei Cedimenti in fondazione a Lungo termine. In favore di sicurezza e data la non prevedibilità del grado di compattazione effettivamente raggiunto in opera, si impone inoltre una variabilità di + o - il 10% al valore della densità del massiccio, assumendo il valore minimo nelle condizioni di carico in cui tale valore sia favorevole alla stabilità, ed il valore massimo nelle condizioni in cui tale valore sia sfavorevole.

**Condizioni di carico sismiche 1s e 2s:** (Caso 1s e Caso 2s) Le verifiche sismiche sono condotte secondo le stesse condizioni di carico A (1s) e B (2s) ed imponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni.

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 15 di 54
--	---	---------------------	------------------

### 7.2.1. Coefficienti di sicurezza parziali

Il progetto strutturale e geotecnico delle opere in esame sarà condotto in conformità alle indicazioni del D.M. 14/01/2008 (rif. Cap. 6).

Nell'ambito delle verifiche allo Stato Limite Ultimo si sono adottati i seguenti coefficienti parziali:

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA $\gamma_R$		
$R_d = R_k / \gamma_R$	R1	R2
Stabilità globale	-	1.10
Scorrimento - Slittamento per attrito	1,00	1,00
Ribaltamento	1,00	1,00
Capacità portante della Fondazione - Punzonamento	1,00	1,00

Coefficienti PARZIALI DEI PARAMETRI GEOTECNICI $\gamma_M$		
	M1	M2
Peso unità di volume $\gamma_\gamma$	1,00	1,00
Angolo di attrito $\tan\phi'_k$ ( $\gamma_\phi$ )	1,00	1,25(*)
Coesione efficace $c'_k$ ( $\gamma_c$ )	1,00	1,25(*)
Resistenza non drenata $c_{uk}$ ( $\gamma_{cu}$ )	1,00	1,40(*)

Coefficienti PARZIALI AZIONI $\gamma_f = \gamma_F$		FASE STATICA SLU		
		A1	A2	EQU
<u>PERMANENTE:</u> (Pesi, spinte geostatiche del terreno; sovraccarichi permanenti) ( $\gamma_G = \gamma_{F1G}$ )	Sfavorevole	1,30	1,00	1,10
	Favorevole	1,00	1,00	0,90
<u>VARIABILE:</u> (sovraccarichi variabili; sisma; spinte relative indotte) ( $\gamma_Q = \gamma_{F1Q}$ )	Sfavorevole	1,50	1,30	1,50
	Favorevole	0,00	0,00	0,00

(Rif. D.M. 17/01/2018 Tab. 6.2.I, Tab. 6.2.II, Par. 7.11.6.2.2 e Par. 7.11.4)

Nota:

Coefficienti parziali dei carichi e delle spinte (i carichi permanenti non strutturali sono assimilati ai sovraccarichi permanenti in quanto compiutamente definiti).



Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 16 di 54
--	---	---------------------	------------------

### 7.3. IPOTESI DI CALCOLO

- Comune di costruzione o coordinate topografiche: Lat: 39,98874 Long: 16,604124
- Vita nominale dell'opera -  $V_N$  (Rif. D.M. 14/01/2008 tab 2.4.I) 50 anni
- Coefficiente d'uso -  $C_U$  (Rif. D.M. 14/01/2008 tab 2.4.II) Classe IV
- Categoria del Sottosuolo (Rif. D.M. 14/01/2008 tab. 3.2.II e tab. 3.2.V) C
- Categoria Topografica (Rif. D.M. 14/01/2008 Tab. 3.2.IV e Tab. 3.2.VI) T2

Si è considerato agente un sovraccarico accidentale pari a 20 kPa.

Per le verifiche sismiche il sovraccarico accidentale dovuto al transito di mezzi viene moltiplicato per il fattore  $\psi_{2j} = 0.2$  in accordo con D.M. 14/01/2008 cap. 3.2.4.

Il calcolo viene inoltre eseguito tenendo conto delle azioni sismiche dell'area oggetto del progetto secondo quanto prescritto da D.M. 14/01/2008 per cui:

Accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido:  $a_g/g = 0,130$

Coefficiente di sottosuolo:  $S = S_s \times S_t = 1,8$

Coefficiente di riduzione:  $\beta_m = 0,24$

Coefficiente sismico orizzontale  $k_h$ :  $= S \times a_g/g \times \beta_m = 1,8 \times 0,130 \times 0,24 = 0,056$

Coefficiente sismico verticale  $k_v$ :  $= k_h / 2 = \pm 0,028$

Il dimensionamento delle strutture in progetto è stato eseguito con riferimento a quanto riportato nelle seguenti tabelle ed eventualmente integrato e dettagliato nel proseguo del paragrafo. Per le altezze delle sezioni di calcolo si rimanda ai relativi tabulati ed agli eventuali disegni acclusi alla presente nota oltre che alle tavole di progetto.

<b>DATI GEOTECNICI</b>	<b>Fondazione</b>	$\gamma_1 = 21 \text{ kN/m}^3$	$\phi_1 = 24^\circ$	$c'_1 = 0 \text{ kPa}$
	<b>Rilevato Backfill</b>	$\gamma_2 = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi_2 = 35^\circ$	$c'_2 = 0 \text{ kPa}$
	<b>Rilevato</b>	$\gamma_3 = 20 \text{ kN/m}^3$	$\phi_3 = 35^\circ$	$c'_3 = 0 \text{ kPa}$
<b>CARICHI ACCIDENTALI ESTERNI</b>	<b>Dinamico</b>	20 kPa (4 kPa in condizioni sismiche)		
	<b>Sismico</b>	$K_h = 0,056$ $K_v = 0,028$		

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 17 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

In fase di verifica globale del muro in Macres per la Sezione 41 è stato assunto un valore cautelativo di  $c'1 = 6$  kPa corrispondente ad 1/10 del valore di  $c_u$  fornito nei dati geotecnici relativi al terreno di fondazione.

La veridicità dei dati geotecnici in fase esecutiva deve essere verificata attraverso prove di laboratorio e di cantiere. Sarà compito della DD.LL. verificare che i materiali posti in opera corrispondono a quelli di progetto, al fine di assicurare, nella costruzione dei rilevati, i coefficienti di sicurezza previsti.

#### **7.4. METODI DI ANALISI**

Per le verifiche ed i dimensionamenti delle strutture sono stati utilizzati programmi di calcolo MacRes 2.03 Beta e MacStARS W Release 4.0.

##### **7.4.1. Macres 2.03 Beta**

MACRES 2.0 è un foglio di calcolo impiegato per il dimensionamento dei muri in terra armata a paramento verticale. Di seguito viene esposto sinteticamente il metodo di calcolo richiamando le formule matematiche principali che il programma di calcolo utilizza.

Gli output di calcolo relativi alle sezioni trasversali esaminate dell'opera in oggetto sono riportati nei successivi capitoli.

##### Caratteristiche dei terreni:

TERRENO DI FONDAZIONE (terreno 1): Sono indicati la densità massima e minima ( $\gamma_1$ ), l'angolo di attrito interno ( $\phi_1$ ) e la coesione ( $C_1$ ).

TERRENO RILEVATO BACKFILL (terreno 2): Sono indicati la densità massima e minima ( $\gamma_2$ ), l'angolo di attrito interno ( $\phi_2$ ) e la coesione ( $C_2$ ).

TERRENO RILEVATO (terreno 3): Sono indicati la densità massima e minima ( $\gamma_3$ ), l'angolo di attrito interno ( $\phi_3$ ) e la coesione ( $C_3$ ).

#### **SPINTA DELLE TERRE**

Il diagramma della spinta delle terre applicata a tergo del muro dipende dalla geometria del terrapieno sovrastante e dal sovraccarico.

La spinta delle terre è inclinata sull'orizzontale di un angolo  $\delta$ , definita nella Norma AFNOR NF-P 94-270 secondo la seguente formula:

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 18 di 54
--	---	---------------------	------------------

$$\delta = 0.8(1 - 0.7 \frac{L'}{H}) \Phi_1 + [\beta_e - 0.8(1 - 0.7 \frac{L'}{H}) \Phi_1] \sqrt{\frac{X}{H}} \quad [2]$$

in cui:

$$L' = \frac{S}{H} = \frac{W}{\gamma_1 H} \quad [3];$$

$$\beta_e = \frac{3\beta + \Phi_2}{4} \quad [4]$$

$$X = \frac{K_{2y}}{K_{2x} - K_{2y}} D \tan \beta \quad [5]$$

I coefficienti di spinta in condizioni statiche,  $K_{2x}$  e  $K_{2y}$ , sono anch'essi computati secondo quanto prescritto dalle Norma AFNOR NF-P 94-270.

$$K_{2x} = \frac{(\cos^2 \Phi_2 / \cos \delta)}{[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi_2 + \delta) \sin(\Phi_2 - \beta)}{\cos \delta \cos \beta}}]^2} \quad [6]$$

$$K_{2y} = \frac{(\cos^2 \Phi_2 / \cos \delta)}{[1 + \sqrt{\frac{\sin(\Phi_2 + \delta) \sin(\Phi_2 - \omega)}{\cos \delta \cos \omega}}]^2} \quad [7]$$

La spinta dovuta al terrapieno è calcolata come:

$$P = \frac{1}{2} K_{2x} \gamma_2 X^2 + K_{2x} \gamma_2 XY + \frac{1}{2} K_{2y} \gamma_2 Y^2 \quad [8]$$

Nel caso di calcolo in zona sismica, due ulteriori coefficienti di spinta in condizioni dinamiche,  $K_{aex}$  e  $K_{aey}$ , compaiono nei calcoli. Tali coefficienti sono calcolati seguendo le formule proposte da Mononobe-Okabe:

$$K_{aex} = \left[ \frac{(\cos \Phi_2 - \zeta)}{\cos \zeta [1 + \sqrt{\frac{\sin \Phi_2 \sin(\Phi_2 - \zeta - \beta)}{\cos \zeta \cos \beta}}]} \right]^2 \quad [9]$$

$$K_{aey} = \left[ \frac{(\cos \Phi_2 - \zeta)}{\cos \zeta [1 + \sqrt{\frac{\sin \Phi_2 \sin(\Phi_2 - \zeta - \omega)}{\cos \zeta \cos \omega}}]} \right]^2 \quad [10]$$

in cui  $\zeta = \arctan(0.5 \times a_c/g)$  (per  $\zeta = 0 \rightarrow K_{aex} = K_{0x}$  e  $K_{aey} = K_{0y}$ )

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 19 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

Le azioni sismiche dinamiche (o pseudo dinamiche) dovute al terrapieno sono dunque:

- a) incremento dinamico della spinta dovuta al terrapieno  $E_{ae}$ ;
- b) Sforzi d'inerzia globale  $E_i = E_{im}$  (massiccio) +  $E_{ir}$  (terreno sopra il massiccio);
- c) Variazioni dinamiche dei pesi propri  $dW = dW_m$  (massiccio) +  $dW_r$  (terreno sopra il massiccio).

Ad ognuna delle combinazioni di carico studiate nel caso sismico corrispondono due sottocasi:

- +dW: accelerazione verticale diretta verso il basso
- -dW: accelerazione verticale diretta verso l'alto.

## **STABILITA' ESTERNA**

I calcoli sono eseguiti sulla larghezza di 1 metro.

### **Stabilità esterna - Punzonamento**

Per ogni combinazione di carico considerata, il programma calcola:

- $R_v$  ed  $R_h$ , Risultanti delle forze verticali ed orizzontali (in kN/m),
- $M_s$  ed  $M_r$ , Momento stabilizzante e momento ribaltante (in kNm/m),
- $q_{ref}$ , Pressione di riferimento di Meyerhof esercitata sulla base (in kPa),
- $2x$ , larghezza su cui si applica la pressione pari a due volte l'eccentricità.

La verifica a punzonamento è soddisfatta se:

$$q_{ref.} \leq \frac{q_{fu}}{\gamma_{mq}}$$

in cui  $q_{fu}$  è il valore della pressione limite ultima che tiene conto delle caratteristiche del terreno di fondazione e dell'inclinazione della risultante delle forze, la cui tangente ha il valore  $R_h/R_v$ .

Viene inoltre eseguita la verifica sulla condizione di interrimento minimo della fondazione che confronta l'interrimento reale previsto dal progetto con quanto richiesto dalla normativa AFNOR NF-P 94-270 ed indica se tale verifica è soddisfatta.

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviiazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 20 di 54
---	--	----------------------------	-------------------------

## Stabilità esterna – Slittamento e Ribaltamento

Per ogni combinazione di carico considerata (la combinazione 3 non viene considerata poiché viene utilizzata solo per la valutazione dei cedimenti), il programma calcola il Fattore di sovradimensionamento nei confronti dello slittamento sul piano di fondazione,  $\Gamma$ , dato da:

$$\Gamma = \frac{R_v \times \frac{\tan \phi}{\gamma_{m\phi}} + \frac{c}{\gamma_{mc}} \times L}{R_h}$$

in cui  $\phi$  e  $c$  sono alternativamente l'angolo di attrito interno e la coesione del materiale costituente il massiccio in terra rinforzata (per garantirsi contro lo slittamento all'interno della struttura) o del terreno costituente la fondazione (per garantirsi contro lo slittamento all'interno di quest'ultimo). I valori riportati nel tabulato sono già divisi per il fattore di sicurezza  $\gamma_R$ .

Il programma calcola anche per ogni combinazione di carico considerata, i valori minimi dell'angolo di attrito interno e della coesione al contatto tra terreno costituente la fondazione e massiccio in Terra Armata (entrambi considerati o puramente attritivi o puramente coesivi).

Il Fattore di sovradimensionamento nei confronti del ribaltamento, viene dato poiché garantisce comunque che le deformazioni saranno limitate. I valori riportati nel tabulato sono già divisi per l'opportuno fattore di sicurezza  $\gamma_R$  ovvero è sufficiente che siano uguali a 1 perchè la sicurezza al ribaltamento sia verificata con un fattore di sicurezza pari al fattore di sicurezza utilizzato.

## STABILITÀ INTERNA

A pagina 4 e 5 del tabulato sono riportate informazioni e dati relativi alle verifiche della tensione e dell'aderenza delle armature (stabilità interna) nella sezione. La larghezza di calcolo dipende dalla tipologia del paramento.

<b>Codifica:</b> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<b>Data:</b> 15/04/2019	<b>Pag.</b> 21 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

### Stabilità interna – Rottura dei rinforzi (fattori di sovradimensionamento)

Il programma, per ogni livello di rinforzo e per ogni condizione di carico, calcola la tensione massima  $T_{max}$  agente, e la tensione all'attacco tra rinforzo e paramento  $T_o$ , ottenuta come percentuale di  $T_{max}$  in funzione della flessibilità del paramento stesso, e le confronta con le trazioni che provocano, nelle stesse sezioni, la rottura del rinforzo, ottenendo i fattori di sovradimensionamento dei rinforzi nei confronti della rottura.

La tabella presenta i risultati del calcolo. Le relative colonne danno, per ogni livello di rinforzo:

Colonna 1: il numero di riferimento del livello di rinforzo considerato.

Colonna 2: la combinazione di carico considerata.

Colonna 3: la sua profondità  $z$  (in m) rispetto alla sommità del muro.

Colonna 4: la lunghezza dei rinforzi al livello considerato.

Colonna 5:  $s_v$ , la distanza verticale tra livelli di rinforzi adiacenti.

Colonna 6: il valore di  $k$ , coefficiente di spinta, calcolato secondo il seguente diagramma (Annex E Paragrafo E.2.3.3 della Norma AFNOR NF-P 94-270)

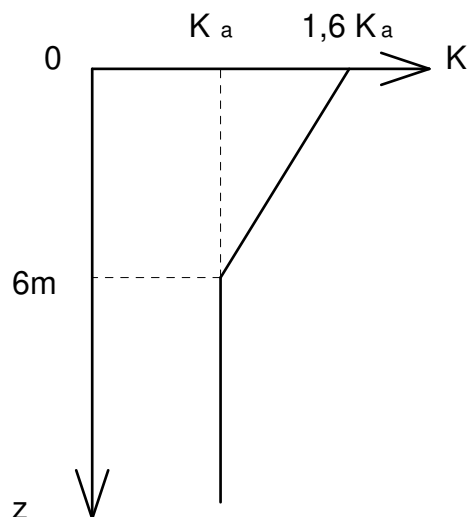


Figura 4

Colonna 7: il tipo di rinforzo.

Colonna 8:  $N^\circ$ , il numero di rinforzi presenti al livello considerato, nella larghezza di calcolo.

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviiazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 22 di 54
---	--	----------------------------	-------------------------

Poi, per ogni strato e per ogni condizione di carico si hanno:

Colonna 9:  $\sigma_{vi}$ , la tensione verticale.

Colonna 10:  $\sigma_{hi}$ , la tensione orizzontale  $\sigma_{hi} = K_{\sigma v}$  in cui:

$K$  è dato in Colonna 4, e  $\sigma_v$  è la tensione verticale alla profondità del livello considerato dovuta ai pesi sovrastanti ed al momento ribaltante, calcolata secondo Meyerhof.

Colonna 11:  $T_{max}$  (in kN), valore della trazione massima in un rinforzo dello strato.

Colonna 12:  $T_o$  (in kN), valore della trazione all'attacco con il pannello in un rinforzo dello strato.

Colonna 13:  $T_r/T_m$ , valore del rapporto tra la trazione di rottura  $T_r$  nella sez. corrente del rinforzo, già divisa per il fattore di sicurezza minimo  $\gamma_{mt}$ , e  $T_m = T_{max}$ . I valori riportati dal tabulato sono quindi già divisi per  $\gamma_{mt}$ , ovvero è sufficiente che essi siano uguali a 1 perchè la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a  $\gamma_{mt}$ .

Colonna 14:  $T_{ro}/T_o$ , valore del rapporto tra la trazione di rottura  $T_{ro}$  nella sez. all'attacco del rinforzo, divisa per il fattore di sicurezza minimo  $\gamma_{mt}$ , e  $T_o$ . I valori riportati dal tabulato sono quindi già divisi per  $\gamma_{mt}$ , ovvero è sufficiente che essi siano uguali a 1 perchè la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a  $\gamma_{mt}$ .

### **Slittamento dei rinforzi (fattori di sovradimensionamento)**

Il programma, per ogni livello di rinforzi e per ogni condizione di carico, calcola la tensione massima  $T_{max}$  agente, e la resistenza massima  $T_f$  che l'attrito tra rinforzo e terreno circostante può mobilitare, e le confronta tra di loro.

La tabella presenta i risultati del calcolo. Le successive colonne danno, per ogni livello di rinforzo:

Colonna 1: il numero di riferimento del livello di rinforzo considerato.

Colonna 2: la combinazione di carico considerata.

Colonna 3: la sua profondità  $z$  (in m) rispetto alla testa del muro.

Colonna 4: la lunghezza dei rinforzi al livello considerato.

Colonna 5:  $L_a$  (in m), lunghezza di aderenza.

Colonna 6:  $\mu^*$ , coefficiente di attrito apparente tra terreno e armature.

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviiazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 23 di 54
---	--	----------------------------	-------------------------

Colonna 7: la profondità  $H_a$  (in m), rispetto alla testa del muro, degli strati di rinforzo

Colonna 8: tipo di rinforzo (determina il valore di  $f^*$ ).

Colonna 9: numero di rinforzi nella larghezza di calcolo, per lo strato considerato.

Poi, per ogni strato e per ogni condizione di carico si hanno:

Colonna 11:  $T_{max}$  (in kN), valore della trazione massima in un rinforzo dello strato.

Colonna 13:  $T_f$  (in kN), valore della resistenza d'attrito per un rinforzo dello strato, divisa per il fattore di sicurezza minimo  $\gamma_{mf}$ . Nel calcolo di  $T_r$  la sezione è inoltre già stata ridotta degli spessori sacrificati alla corrosione.

Colonna 14:  $T_f/T_m$ , valore del rapporto tra la resistenza d'attrito  $T_f$  nel rinforzo, e  $T_{max}$ . I valori riportati dal tabulato sono quindi già divisi per  $\gamma_{mf}$ , ovvero è sufficiente che siano uguali a 1 perchè la sicurezza alla rottura sia verificata con un fattore di sicurezza pari a  $\gamma_{mf}$ .

#### **7.4.2. MacStARS W Release 4.0**

Le analisi di stabilità globale sono condotte utilizzando il programma MacStARS W 4.0, che utilizza il modello di analisi di stabilità su superfici circolari di Bishop.

L'esame delle condizioni di stabilità dei rilevati viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato MacStars W cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di BISHOP modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

#### Metodi utilizzati nel codice

Nel codice di calcolo di MacStars W si utilizzano i metodi semplificati di Bishop e Janbu.

In entrambi i metodi il criterio di rottura adottato è quello di Mohr - Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma - u) * \tan (\phi')$$



<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviiazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 24 di 54
---	--	----------------------------	-------------------------

dove:

$\tau$  = tensione tangenziale massima

$c$  = coesione

$\sigma$  = pressione normale totale

$u$  = pressione interstiziale

$\phi'$  = angolo di attrito

Applicando al valore della tensione tangenziale massima il coefficiente di sicurezza si ottiene la forza tangenziale mobilitata

**Caratteristiche del metodo semplificato di Bishop sono:**

- vale solo per superfici circolari e quasi circolari, cioè superfici che vengono assimilate a superfici circolari adottando un centro di rotazione fittizio;
- ipotizza che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;
- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla rotazione intorno al centro della circonferenza;
- non soddisfa l'equilibrio globale in direzione orizzontale.

**Caratteristiche del metodo semplificato di Janbu sono:**

- vale per superfici di forma qualsiasi;
- ipotizza inizialmente che le forze di interazione tra i conci siano solo orizzontali;
- ottiene il coefficiente di sicurezza mediante scrittura della condizione di equilibrio alla traslazione verticale e quindi orizzontale;
- consente di tenere in conto le forze di interazione verticali (tangenziale) tra i conci mediante applicazione al precedente coefficiente di sicurezza di un fattore correttivo che dipende dalla geometria del problema e dal tipo di terreno;
- non soddisfa l'equilibrio globale alla rotazione del cuneo.

In relazione ai modelli di comportamento dei rinforzi una verifica di stabilità può essere condotta con il metodo rigido o con il metodo degli spostamenti.

<b>Codifica:</b> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<b>Data:</b> 15/04/2019	<b>Pag.</b> 25 di 54
---	--	----------------------------	-------------------------

## Verifica di stabilità globale

La verifica di stabilità globale, o stabilità di base, è da intendersi come la verifica di stabilità con i metodi all'equilibrio limite di un pendio, rinforzato o meno. Può quindi essere utilizzato per valutare la stabilità del pendio in assenza di rinforzi, prima delle ipotesi di progetto di rinforzo. A seguito del progetto, tale verifica è da utilizzare per valutare la stabilità dell'opera nei confronti di meccanismi di potenziale scivolamento profondi e quindi eventualmente esterni ai rinforzi stessi (fig. 5).

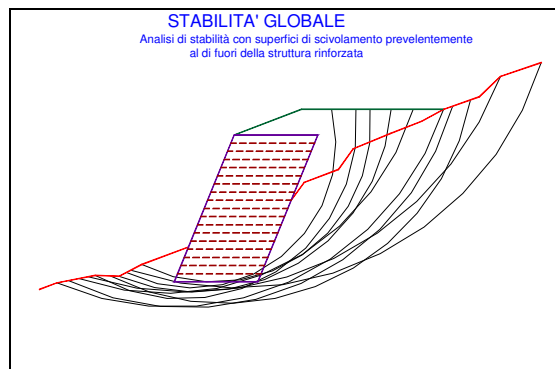


Figura 5

## Verifica di stabilità interna

La verifica di stabilità interna (o stabilità di pendio) è quella verifica che consente di valutare il dimensionamento dell'opera, intesa come definizione dei rinforzi (tipologia, spaziatura, lunghezza, ecc.). In tale tipo di verifica le superfici di potenziale scivolamento partono dal piede di valle dell'opera di rinforzo e terminano nella parte superiore del pendio dopo aver attraversato l'opera progettata (fig. 6).

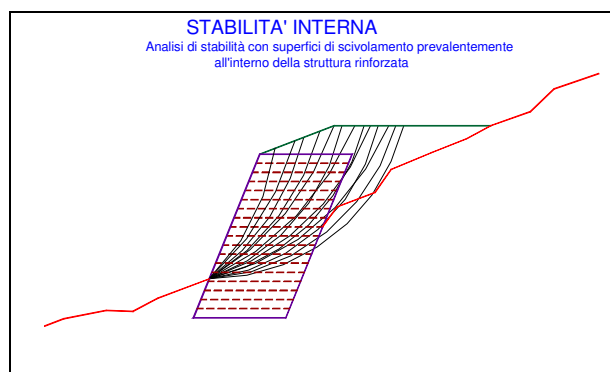


Figura 6

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 26 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

## Modello rigido

Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata fornisca la forza di rottura del rinforzo, penalizzata dal relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidezza dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo devono essere verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo (fornito dall'utente);
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso, una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo

Nel secondo e nel terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento.

Il calcolo delle forze ultime di sfilamento viene eseguito con il seguente procedimento, che si basa sulla considerazione che in tutti i punti del rinforzo sia raggiunta la condizione ultima ( $\tau_u$ ).

### Sfilamento esterno (tratto di ancoraggio)

La zona di ancoraggio viene suddivisa in tratti e per ciascun tratto si calcola il valore della tensione tangenziale ultima ( $\tau_u$ ) dalla seguente relazione:

$$\tau_u = f \cdot \sigma_v$$

dove:

$f$  = coefficiente di attrito totale del rinforzo sui materiali sopra e sotto nel tratto interessato, potendo essere rinforzo su rinforzo ( $f_{rr}$ ) o rinforzo su terreno ( $f_{tr}$ ).

$\sigma_v$  = tensione verticale efficace sul tratto considerato, ottenuta dalla relazione:

$$\sigma_v = (W + P_v - U) / dx$$

$W$  = peso totale della colonna di terreno sovrastante;

$P_v$  = componente verticale del carico distribuito uniforme agente in sommità;

$U$  = pressione neutra;

$dx$  = larghezza del tratto considerato.

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 27 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

L'integrale delle tensioni tangenziali ultime fornisce la forza di sfilamento esterna ultima del rinforzo. Al valore così determinato può essere applicato un coefficiente di sicurezza definito dall'utente.

### Sfilamento interno

Nel caso di rinforzi secondari il procedimento per il calcolo della forza di sfilamento ultima è identico a quella dello sfilamento esterno.

La lunghezza del rinforzo all'interno del blocco instabile viene suddivisa in tratti e per ciascun tratto si calcola il valore della tensione tangenziale ultima ( $\tau_u$ ) dalla seguente relazione:

$$\tau_u = f \cdot \sigma_v$$

dove il significato dei simboli è il medesimo del caso precedente. L'integrazione delle tensioni tangenziali ultime fornisce la forza ultima di sfilamento interno.

Nel caso di rinforzi principali è da aggiungere il contributo resistente dovuto al risvolto. Tale contributo ( $F_0$ ) può essere calcolato mediante somma di due contributi:

$$F_0 = F_1 + \Delta F$$

Dove  $F_1$  è il contributo che genera sfilamento nella parte risvoltata (orizzontale), mentre  $\Delta F$  è l'ulteriore contributo che tiene conto delle forze radenti lungo il tratto subverticale, adiacente al paramento.

$F_1$  viene calcolata con procedimento analogo a quello dello sfilamento esterno (integrazione delle forze tangenziali ultime), mentre  $\Delta F$  viene calcolato, nell'ipotesi che il tratto in oggetto assuma una configurazione semicircolare, dalla relazione:

$$\Delta F = F_1 \cdot \pi \cdot f_{tr}$$

Al valore di forza ultima totale di sfilamento interno può essere applicato un coefficiente di sicurezza definito dall'utente.

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 28 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

### 7.4.3. Generazione delle superfici di rottura

Nel codice di calcolo MacStars W è possibile assegnare una superficie di scorrimento mediante le coordinate (da utilizzare quando siano acquisite informazioni tali da conoscere la posizione della superficie di rottura del pendio) oppure è possibile far eseguire una ricerca della superficie di potenziale scorrimento, cioè la ricerca di quella superficie che presenta il coefficiente di sicurezza minore e quindi la superficie che presenta la maggiore probabilità di generare un collasso del pendio, qualora uno o più parametri di resistenza fossero inferiori a quelli del calcolo o i carichi fossero superiori.

La generazione delle superfici può essere di due tipi:

- superfici circolari;
- superfici casuali.

Il metodo di calcolo associabile alle superfici generate è: Bishop per superfici circolari, Janbu per superfici circolari e casuali.

Nel caso di superficie assegnata è possibile il calcolo sia con il metodo di Janbu che con il metodo di Bishop, ma in questo caso la forma della superficie deve essere prossima ad un arco di circonferenza.

La ricerca della superficie critica è sostanzialmente guidata dall'utente mediante l'utilizzo di alcuni parametri geometrici quali:

- l'estensione del tratto da cui partono le superfici;
- l'estensione del tratto in cui terminano le superfici;
- l'ampiezza dell'angolo di partenza delle superfici;
- la lunghezza di ogni singolo tratto della superficie di scorrimento;
- una quota minima sotto la quale le superfici non possono arrivare;
- un profilo geometrico all'interno del quale le superfici non possono entrare (ad esempio un profilo roccioso).

Il risultato finale può dipendere anche sensibilmente da tali scelte per cui è sempre opportuno eseguire più calcoli con differenti parametri. L'utente ovviamente può anche scegliere quante superfici generare. Ogni singola superficie viene generata mediante successione di tratti

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 29 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

(della lunghezza stabilita dall'utente) la cui inclinazione è generata in modo casuale, ma comunque parzialmente guidata per rispettare i vincoli imposti.

#### **7.4.4. Carichi dinamici dovuti a forze di natura sismiche**

MacStars W riconduce il calcolo in presenza di carichi sismici al metodo pseudostatico, introducendo nel calcolo forze di massa in direzione orizzontale ed in direzione verticale, ottenute moltiplicando il peso totale di ogni concio per i due coefficienti di intensità sismica.

Valori positivi dei coefficienti di intensità sismica, che vanno espressi come % di g, danno luogo a forze orientate verso l'esterno del pendio e verso l'alto.

Il contributo dei teli di rinforzo viene introdotto nel calcolo solo se essi intersecano la superficie di scivolamento. La resistenza a trazione nei rinforzi può mobilitarsi per l'aderenza tra il rinforzo stesso ed i materiali (terreno o altri rinforzi) che si trovano sopra e/o sotto.

Tale contributo viene simulato con una forza stabilizzante diretta verso l'interno del rilevato applicata nel punto di contatto tra superficie di scorrimento e rinforzo stesso. Il modulo di tale forza è determinato scegliendo il minore tra il valore della resistenza a rottura del rinforzo ed il valore della resistenza allo sfilamento del rinforzo nel tratto di ancoraggio o nel tratto interno alla porzione di terreno instabile.

Per tenere conto dell'effetto dei rinforzi è stato implementato un modello di comportamento rigido. Nel modello rigido si ipotizza che un qualsiasi rinforzo, che attraversi la superficie di potenziale scorrimento analizzata, fornisca la forza di rottura del rinforzo penalizzata del relativo coefficiente di sicurezza, indipendentemente dai valori di rigidità dei rinforzi stessi. Per ciascun rinforzo vengono verificate le seguenti condizioni:

- deve essere garantito un ancoraggio minimo;
- deve essere garantito lo sfilamento nella zona di ancoraggio;
- deve essere garantito lo sfilamento all'interno della porzione di terreno instabile.

Nel primo caso una lunghezza di ancoraggio inferiore al minimo stabilito comporta l'annullamento completo della trazione nel rinforzo. Nel secondo e terzo caso la trazione nel rinforzo viene limitata al minore dei due valori di sfilamento.

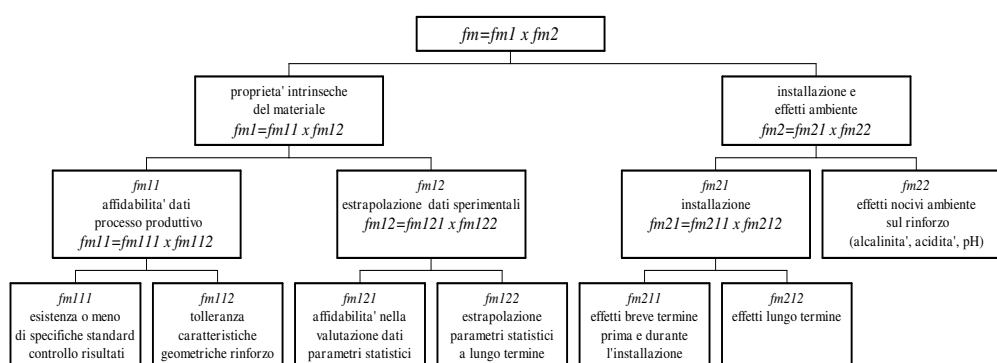
Ai fini del calcolo strutturale si è tenuto conto che si tratta di un'opera permanente per cui si è fatto riferimento alle prestazioni a lungo termine dei materiali polimerici.

A tale proposito viene valutato il parametro di resistenza di lavoro  $T_d$ . Mancando in Italia uno specifico riferimento normativo, la stima della resistenza di lavoro degli elementi di rinforzo è stata determinata facendo riferimento allo schema illustrato di seguito che la normativa inglese BS8006 prescrive per i rinforzi in genere.

La resistenza di lavoro  $T_d$  è valutata secondo la formula:

$$T_d = T_b / f_m$$

Dove  $f_m$  è il fattore di sicurezza complessivo che consente di passare dalla resistenza a trazione nominale  $T_b$  a quella di progetto e si compone secondo lo schema indicato sotto:



La resistenza nominale del rinforzo polimerico  $T_b$ , è pari alla resistenza a trazione ultima. La tabella seguente mostra i valori della resistenza a trazione di ogni rinforzo e del valore del coefficiente di sicurezza alla rottura applicato  $f_m$ .

		<b>PARAWEB MD27 – MD36</b>
		<b>Coarse Gravel</b>
<b>Resistenza caratteristica a trazione (UTS)</b>	kN/m	27.14 - 36.18
<b>Coefficiente di sicurezza globale - <math>f_m</math></b>	-	1.67
<b>Resistenza a trazione di progetto</b>	kN/m	16.22 – 21.62

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 31 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

## 8. VERIFICA DELL'OPERA DI SOSTEGNO

### 8.1. INTRODUZIONE

Le sezioni verificate secondo la combinazione più gravosa per il dimensionamento, di cui nel seguito si riportano i tabulati di calcolo, sono:

- 1) Sezione n.1 :  $H_{\text{muro}} = 9,50 \text{ m}$
- 2) Sezione n.2 :  $H_{\text{muro}} = 10,50 \text{ m}$

### 8.2. RISULTATI DELL'ANALISI

Nella verifica di stabilità esterna ed interna si definiscono i cosiddetti coefficienti di sovradimensionamento, cioè i rapporti fra le capacità di resistenza della struttura e le azioni agenti sulla struttura stessa. Poiché nel calcolo si introducono sia coefficienti di sicurezza parziali che fattori di amplificazione dei carichi, è sufficiente che i fattori di sovradimensionamento siano maggiori od uguali a 1,00 per garantire la sicurezza nei confronti del criterio considerato. I valori minimi ottenuti nella struttura, per ciascuna sezione analizzata, sono riportati in dettaglio nei tabulati di calcolo allegati.

Sezione	Coefficienti Minimi di Sovradimensionamento (+kv)					
	Stabilità Esterna				Stabilità Interna	
	Globale	Scorrimento	Ribaltam.	Capacità Portante	Rottura	Sfilamen.
Sez n.1 – H = 9,50m	-	1.87	-	1.88	1.58	1.85
Sez n.2 – H = 10,50m	1.09	1.92	4.26	2.07	1.45	1.86
Condizione da soddisfare	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$	$\geq 1.00$



<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 32 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

### 8.3. TABULATI DI CALCOLO

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 33 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

## MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls  
 Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)  
 Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta\_\_\_\_: Macres SS106 Jonica

Sezione\_\_\_\_:

Località\_\_\_\_:

Pratica\_\_\_\_: 10219

File\_\_\_\_\_: Sez 41 Macstars\_sism\_rev00

Data\_\_\_\_\_: 07/06/2019

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2008  
 Verifiche di sicurezza (SLU)

### SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....	2
PROFILI STRATIGRAFICI .....	2
BLOCCHI RINFORZATI .....	2
Blocco : MACRES1 .....	2
Blocco : MACRES2 .....	3
Blocco : MACRES3 .....	3
Blocco : MACRES4 .....	3
CARICHI .....	4
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	4
VERIFICHE .....	6
Verifica come muro di sostegno : .....	6
Verifica di stabilità globale : .....	7

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

**Terreno : RIL**                      Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : TN**                      Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 6.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 24.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 21.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 22.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

### PROFILI STRATIGRAFICI

**Strato: RIL**                      Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
15.47	2.16	17.40	10.36	23.70	10.36	29.61	6.01

**Strato: TN**                      Descrizione:

Terreno : TN

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	8.97	1.22	15.47	2.16	21.52	0.61
27.25	5.92	29.61	6.01	32.62	6.15	44.15	7.36

### BLOCCHI RINFORZATI

**Blocco : MACRES1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 8.00      Altezza.....= 3.75

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 13.52      Ordinata.....= 0.61

Inclinazione paramento...[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia

Rilevato strutturale.....: RIL

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL

Terreno di copertura.....: RIL

Terreno di fondazione.....: TN

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 35 di 54
--	---	---------------------	------------------

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Linear Composites - ParaWeb - 36 MD\_5conn/3m

Lunghezza.....[m] = 8.00  
 Muro Segmentato.....[m] : Altezza..... = 0.75 Larghezza..... = 0.14  
 Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°] = 0.00

**Blocco : MACRES2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 8.00 Altezza..... = 2.25  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da MACRES1  
 Inclinazione paramento.....[°] : 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia  
 Rilevato strutturale..... : RIL  
 Terreno di riempimento a tergo..... : RIL  
 Terreno di copertura..... : RIL  
 Terreno di fondazione..... : TN

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Linear Composites - ParaWeb - 27 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m] = 8.00  
 Muro Segmentato.....[m] : Altezza..... = 0.75 Larghezza..... = 0.14  
 Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°] = 0.00

**Blocco : MACRES3**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 8.00 Altezza..... = 3.00  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da MACRES2  
 Inclinazione paramento.....[°] : 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia  
 Rilevato strutturale..... : RIL  
 Terreno di riempimento a tergo..... : RIL  
 Terreno di copertura..... : RIL  
 Terreno di fondazione..... : TN

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Linear Composites - ParaWeb - 27 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m] = 8.00  
 Muro Segmentato.....[m] : Altezza..... = 0.75 Larghezza..... = 0.14  
 Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°] = 0.00

**Blocco : MACRES4**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 10.00 Altezza..... = 0.75  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da MACRES3  
 Inclinazione paramento.....[°] : 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia  
 Rilevato strutturale..... : RIL  
 Terreno di riempimento a tergo..... : RIL

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 36 di 54
--	---	---------------------	------------------

Terreno di copertura.....: RIL  
Terreno di fondazione.....: TN

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

#### Rinforzi :

Linear Composites - ParaWeb - 27 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m].....= 10.00

Muro Segmentato.....[m].....: Altezza.....= 0.75      Larghezza.....= 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°].....= 0.00

#### CARICHI

##### Pressione : CS

Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>].....= 4.00      Inclinazione.....[°].....= 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 14.30 To = 23.00

##### Sisma :

Classe : Sisma

Accelerazione.....[m/s<sup>2</sup>].....: Orizzontale.....= 0.55      Verticale.....= 0.27

#### PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaWeb - 27 MD\_4conn/3m

Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m].....: 72.37  
Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00  
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN].....: 1.10e-04  
Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 226.00  
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.67  
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....: 1.67  
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....: 1.67  
Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....: 1.00  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....: 1.67  
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00  
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo.....: 0.16  
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia.....: 0.90  
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia.....: 0.70  
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo.....: 0.70  
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla.....: 0.70

Linear Composites - ParaWeb - 36 MD\_5conn/3m

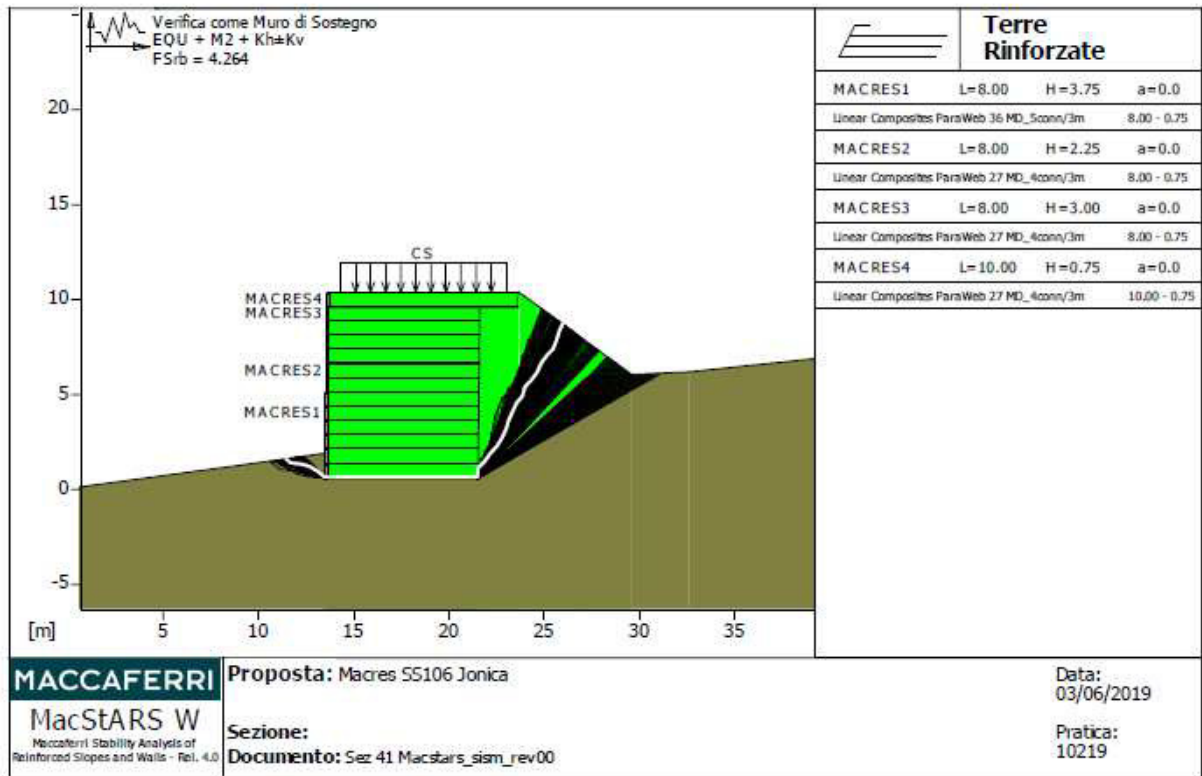
Carico di rottura Nominale Tr .....[kN/m].....: 120.60  
Rapporto di Scorrimento plastico.....: 0.00  
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m<sup>3</sup>/kN].....: 1.10e-04  
Rigidezza estensionale.....[kN/m].....: 302.00  
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m].....: 0.15  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia).....: 1.67  
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia).....: 1.67  
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....: 1.00  
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo).....: 1.67

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviiazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 37 di 54
---	--	----------------------------	-------------------------

---

Coefficiente di sicurezza al Pull-out .....	:	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla).....	:	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out.....	:	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo	:	0.16
Coefficiente di filamento rinforzo-ghiaia.....	:	0.90
Coefficiente di filamento rinforzo-sabbia.....	:	0.70
Coefficiente di filamento rinforzo-limo.....	:	0.70
Coefficiente di filamento rinforzo-argilla.....	:	0.70

### VERIFICHE



#### Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : EQU + M2 + Kh±Kv

Stabilità verificata sul blocco : MACRES1

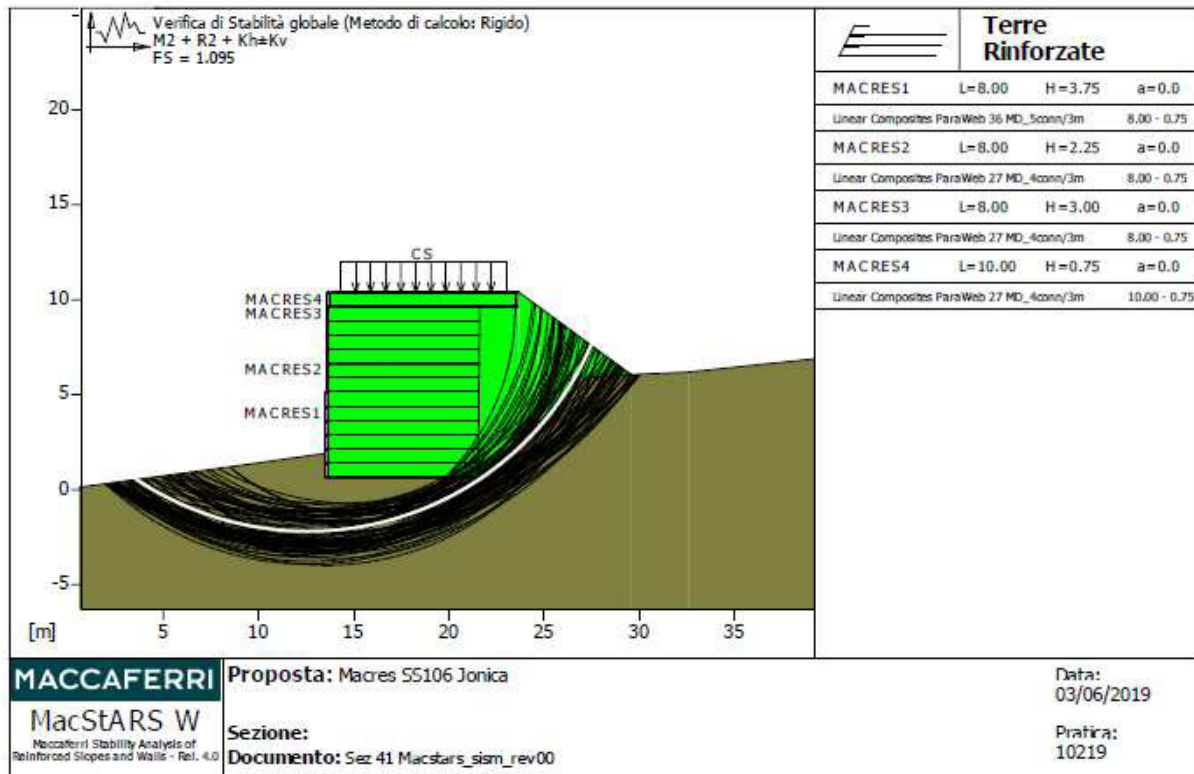
Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m]..... : 6437.80

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m]..... : 1509.80

Classe momento..... : Coeff. Parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 4.264

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Ribaltamento



### Verifica di stabilità globale :

Combinazione di carico : M2 + R2 + Kh±Kv

Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido

Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop

Coefficiente di sicurezza minimo calcolato ..... : 1.095

#### Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
2.00	12.00	20.00	30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza..... :		50	
Numero totale superfici di prova..... :		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m]..... :		0.50	
Angolo limite orario..... [°]..... :		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°]..... :		0.00	

Fattore	Classe
1.00	Variabile - sfavorevole
1.00	Sisma
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



<b>Codifica:</b> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<b>Data:</b> 15/04/2019	<b>Pag.</b> 40 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

## MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls  
 Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)  
 Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Proposta\_\_\_\_: Macres SS106 Jonica

Sezione\_\_\_\_:

Località\_\_\_\_:

Pratica\_\_\_\_: 10219

File\_\_\_\_: Sez 41 Macstars\_stat\_rev00

Data\_\_\_\_: 07/06/2019

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2008  
 Verifiche di sicurezza (SLU)

### SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....	2
PROFILI STRATIGRAFICI .....	2
BLOCCHI RINFORZATI .....	2
Blocco : MACRES1 .....	2
Blocco : MACRES2 .....	3
Blocco : MACRES3 .....	3
Blocco : MACRES4 .....	3
CARICHI .....	4
PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI .....	4
VERIFICHE .....	6
Verifica di stabilità globale : .....	6
Verifica come muro di sostegno : .....	7

### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

**Terreno : RIL** Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 35.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 20.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

**Terreno : TN** Descrizione :

Classe coesione.....: Coeff. Parziale - Coesione efficace

Coesione.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 6.00

Classe d'attrito.....: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio

Angolo d'attrito.....[°].....: 24.00

Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....: 0.00

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

Peso specifico sopra falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 21.00

Peso specifico in falda.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 22.00

Modulo elastico.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00

Coefficiente di Poisson.....: 0.30

### PROFILI STRATIGRAFICI

**Strato: RIL** Descrizione:

Terreno : RIL

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
15.47	2.16	17.40	10.36	23.70	10.36	29.61	6.01

**Strato: TN** Descrizione:

Terreno : TN

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	8.97	1.22	15.47	2.16	21.52	0.61
27.25	5.92	29.61	6.01	32.62	6.15	44.15	7.36

### BLOCCHI RINFORZATI

**Blocco : MACRES1**

Dati principali.....[m].....: Larghezza.....= 8.00 Altezza.....= 3.75

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 13.52 Ordinata.....= 0.61

Inclinazione paramento...[°].....: 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo.....: Ghiaia

Rilevato strutturale.....: RIL

Terreno di riempimento a tergo.....: RIL

Terreno di copertura.....: RIL

Terreno di fondazione.....: TN

Parametri per il calcolo della capacità portante com Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 42 di 54
--	---	---------------------	------------------

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Linear Composites - ParaWeb - 36 MD\_5conn/3m

Lunghezza.....[m] = 8.00  
 Muro Segmentato.....[m] : Altezza..... = 0.75      Larghezza..... = 0.14  
 Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°] = 0.00

**Blocco : MACRES2**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 8.00      Altezza..... = 2.25  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da MACRES1  
 Inclinazione paramento.....[°] : 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia  
 Rilevato strutturale..... : RIL  
 Terreno di riempimento a tergo..... : RIL  
 Terreno di copertura..... : RIL  
 Terreno di fondazione..... : TN

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Linear Composites - ParaWeb - 27 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m] = 8.00  
 Muro Segmentato.....[m] : Altezza..... = 0.75      Larghezza..... = 0.14  
 Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°] = 0.00

**Blocco : MACRES3**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 8.00      Altezza..... = 3.00  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da MACRES2  
 Inclinazione paramento.....[°] : 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia  
 Rilevato strutturale..... : RIL  
 Terreno di riempimento a tergo..... : RIL  
 Terreno di copertura..... : RIL  
 Terreno di fondazione..... : TN

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
 Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

**Rinforzi :**

Linear Composites - ParaWeb - 27 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m] = 8.00  
 Muro Segmentato.....[m] : Altezza..... = 0.75      Larghezza..... = 0.14  
 Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°] = 0.00

**Blocco : MACRES4**

Dati principali.....[m] : Larghezza..... = 10.00      Altezza..... = 0.75  
 Arretramento.....[m] = 0.00 da MACRES3  
 Inclinazione paramento.....[°] : 0.00

Rilevato strutturale - materiale tipo..... : Ghiaia  
 Rilevato strutturale..... : RIL  
 Terreno di riempimento a tergo..... : RIL

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 43 di 54
--	---	---------------------	------------------

Terreno di copertura.....: RIL  
Terreno di fondazione.....: TN

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m] : 0.00  
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

#### Rinforzi :

Linear Composites - ParaWeb - 27 MD\_4conn/3m

Lunghezza.....[m] = 10.00

Muro Segmentato.....[m] : Altezza..... = 0.75 Larghezza... = 0.14

Angolo d'attrito muro tra e rinforzo.....[°] = 0.00

#### CARICHI

##### Pressione : CS

Descrizione :

Classe : Variabile - sfavorevole

Intensità.....[kN/m<sup>2</sup>] = 20.00 Inclinazione.....[°] = 0.00

Ascissa.....[m] : Da = 14.30 To = 23.00

#### PROPRIETA' DEI RINFORZI UTILIZZATI

Linear Composites - ParaWeb - 27 MD\_4conn/3m

Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m] :	72.37
Rapporto di Scorrimento plastico..... :	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m <sup>3</sup> /kN] :	1.10e-04
Rigidità estensionale.....[kN/m] :	226.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m] :	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... :	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... :	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... :	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... :	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... :	0.16
Coefficiente di sfilamento rinforzo-ghiaia..... :	0.90
Coefficiente di sfilamento rinforzo-sabbia..... :	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-limo..... :	0.70
Coefficiente di sfilamento rinforzo-argilla..... :	0.70

Linear Composites - ParaWeb - 36 MD\_5conn/3m

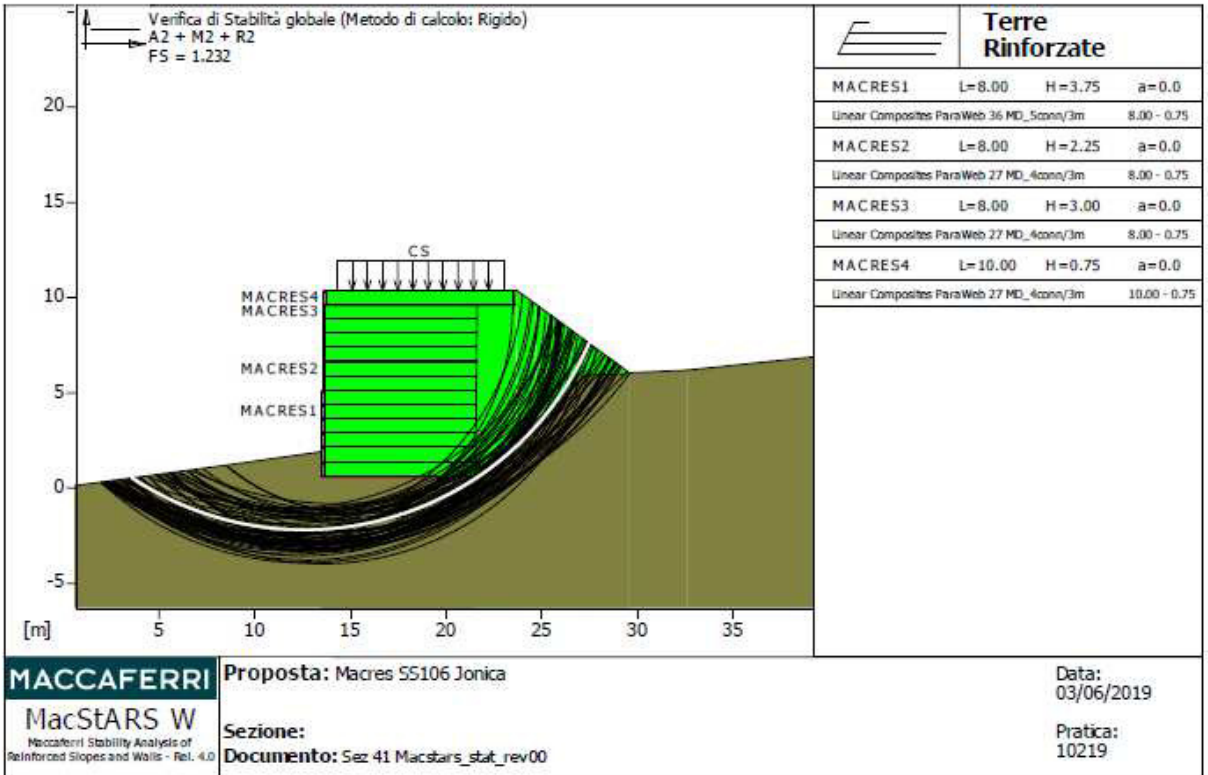
Carico di rottura Nominale Tr.....[kN/m] :	120.60
Rapporto di Scorrimento plastico..... :	0.00
Coefficiente di Scorrimento elastico.....[m <sup>3</sup> /kN] :	1.10e-04
Rigidità estensionale.....[kN/m] :	302.00
Lunghezza minima di ancoraggio.....[m] :	0.15
Coefficiente di sicurezza alla rottura (ghiaia)..... :	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (sabbia)..... :	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (limo)..... :	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di sicurezza alla rottura (argilla)..... :	1.67
Coefficiente di sicurezza al Pull-out..... :	1.00
Coefficiente di interazione rinforzo-rinforzo..... :	0.16

<i>Codifica:</i> LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	<i>Data:</i> 15/04/2019	<i>Pag.</i> 44 di 54
---	---	----------------------------	-------------------------

---

Coefficiente di filamento rinforzo-ghiaia.....: 0.90  
Coefficiente di filamento rinforzo-sabbia.....: 0.70  
Coefficiente di filamento rinforzo-limo.....: 0.70  
Coefficiente di filamento rinforzo-argilla.....: 0.70

**VERIFICHE**



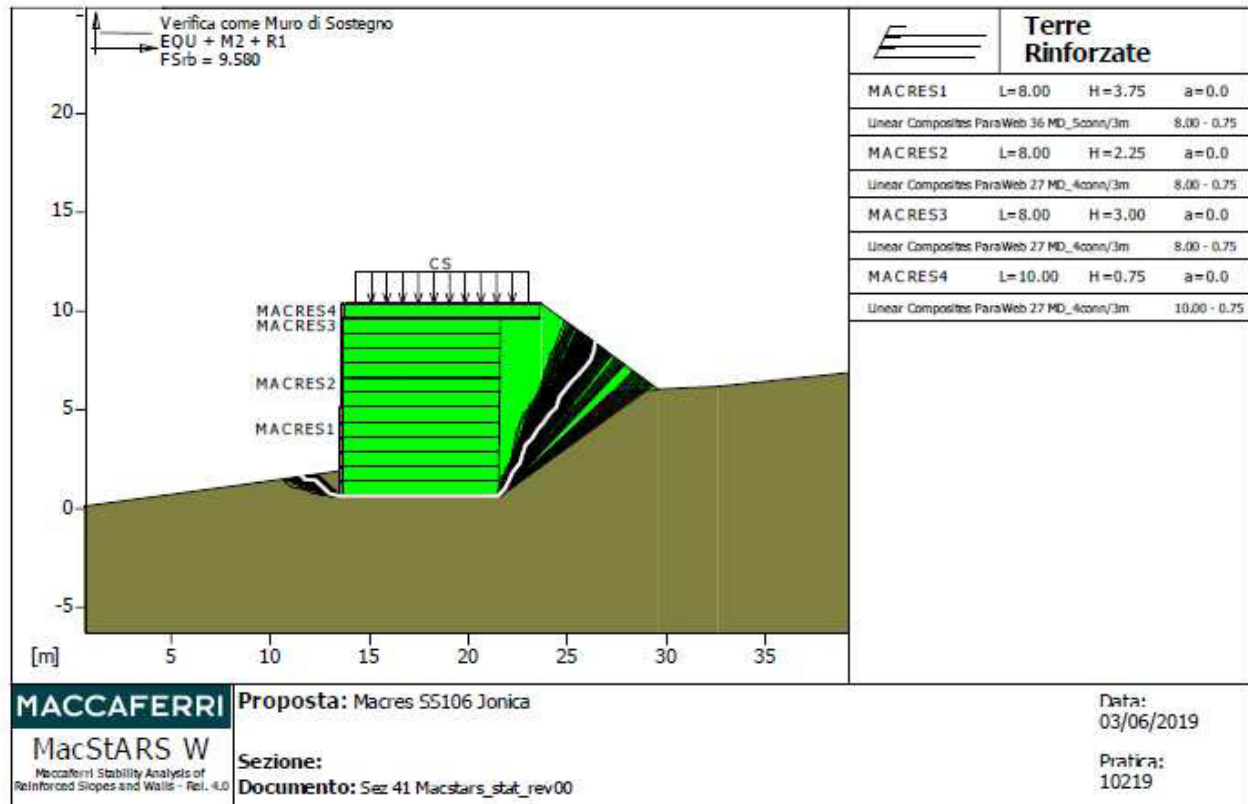
**Verifica di stabilità globale :**

Combinazione di carico : A2 + M2 + R2  
 Calcolo delle forze nei rinforzi col metodo rigido  
 Ricerca delle superfici critiche col metodo di Bishop  
 Coefficiente di sicurezza minimo calcolato.....: 1.232

Intervallo di ricerca delle superfici

Segmento di partenza, ascisse [m]		Segmento di arrivo, ascisse [m]	
Primo punto	Secondo punto	Primo punto	Secondo punto
2.00	12.00	20.00	30.00
Numero punti avvio superfici sul segmento di partenza.....:		50	
Numero totale superfici di prova.....:		500	
Lunghezza segmenti delle superfici..... [m].....:		0.50	
Angolo limite orario..... [°].....:		0.00	
Angolo limite antiorario..... [°].....:		0.00	

Fattore	Classe
1.30	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.10	Coeff. Parziale R - Stabilità



<b>MACCAFERRI</b> MacStARS W Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls - Rel. 4.0	Proposta: Macres SS106 Jonica Sezione: Documento: Sez 41 Macstars_stat_rev00	Data: 03/06/2019 Pratica: 10219
---	--	--

**Verifica come muro di sostegno :**

Combinazione di carico : EQU + M2 + R1

Stabilità verificata sul blocco : MACRES1

Momento Stabilizzante.....[kN\*m/m]..... : 6972.50

Momento Instabilizzante.....[kN\*m/m]..... : 727.86

Classe momento..... : Coeff. Parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 9.580

Fattore	Classe
1.50	Variabile - sfavorevole
1.25	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza al taglio
1.25	Coeff. Parziale - Coesione efficace
0.90	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs Rottura Rinforzi
1.00	Fs Sfilamento Rinforzi
1.00	Coeff. Parziale R - Ribaltamento

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 47 di 54
--	--	---------------------	------------------

**MACCAFERRI** **MacRES Design Software (Version 2.0)**

**PROJECT DETAILS**

Project Name	Macres SS 106 Jonica
Project Number	10219
Revision	
Date	30/05/2019
Client	STE S.r.l.
Analysis Details	Analysis using NTC 2008 A2_M2_R2 Reinforcement type Polymeric and Panel Type MacRes Square

Load Factors Associated with Wall as per NTC 2008 A2_M2_R2					
Effect	Load Combination				
	A	B	C	Seismic (Internal)	Seismic (External)
Soil Weight (Structure), YF1G (w)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mass of the backfill on the top of reinforced soil wall (Soil Surcharge on top), YF1q (w)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Soil Thrust behind structure, YF1G (p)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Surcharge on top, YF1q (w)	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00
Surcharge thrust (behind structure), YF1q (p)	1.30	1.30	0.00	1.00	1.00
Density of reinforced soil fill, Y1	20.00	18.00	20.00	18.00	20.00

Factors as per NTC 2008 A2_M2_R2		
For soil:-		ULS
To be applied to $\tan \phi'_p$	$f_{mc}$	1.25
To be applied to $c'$	$f_{mc}$	1.25
To be applied to $c_u$	$f_{mc}$	1.40
Partial factor for soil reinf interaction :-		
Pullout resistance to reinf	$f_p$	1.00
Partial factor of safety		
Foundation bearing capacity to be applied to $q_{ult}$	$f_{mc}$	1.00
Sliding along base of structure or any horizontal surface where there is soil to soil contact	$f_c$	1.00

**Input Data**

Reinforcement Details					
Reinforcement	Type	Type			
Reinforcement Grade	Paraweb MD 27	Paraweb MD 36			
Width of Reinforcement, b	47	49			
Short Term Design Strength, kN	27.14	36.18			
Long Term Design Strength, kN	16.22	21.62			
Material Factor, $f_m$	1.21	1.21			
Creep	1.38	1.38			

Geometrical Details	
Height of wall	9.50
Coping Height	0.14
Given Coping height	0.15
Panel Height	9.36
Depth of embedment	0.60
Mechanical height	9.50
Angle of Crest Slope	0.00
Distance from the face	0.00
Embankment Height	0.00

Geotechnical Details				
Soil Type	$\psi'$ (Deg)	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ Max (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ Min (kN/m <sup>3</sup> )
Reinforced soil fill (r)	35.00	0.00	20.00	18.00
Backfill soil (b)	35.00	0.00	18.00	18.00
Foundation soil (f)	24.00	0.00	21.00	21.00
Service		Service Life	(years)	120
Water Level in front of wall	0	Seismic Details		
Water Level in the back of wall	0	Horizontal seismic coefficient kh	0.056	
Average Water Level	0	Vertical seismic coefficient kv	0.028	
		Reduction factor of Live Loads	0.20	

**Loading Details**

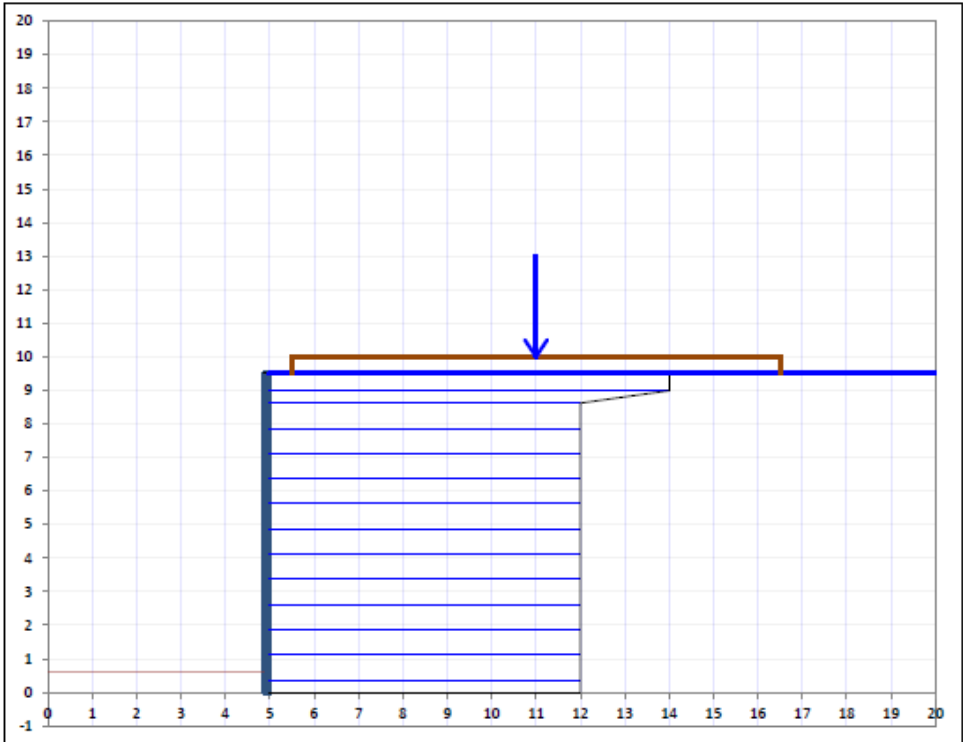
1	Vertical Loading Detail						
	Sr. No.	Loading	Value in kN/m <sup>2</sup>	Value in kN/m	Width of Strip (m)	Distance from the face of panel (m)	CG of Strip from edge (m)
	1	Strip Loading	20.00	220.00	11.00	0.50	6.00
	2	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	DL	0.00	NA	NA	NA	NA
	5	LL	0.00	NA	NA	NA	NA



**MACCAFERRI MacRES Design Software (Version 2.0)**

2	Horizontal Loading Detail	
	Parameter	Value
	Horizontal Load Intensity (kN/m)	0.00
	Contact Width of footing (m)	0.00
	Distance of footing from face of wall (m)	0.00
	Height of Load from Top of Coping (m), From top of panel if without coping)	0.00
	CG of load	0.00

**CROSS SECTION**



**EXTERNAL STABILITY**

Earth Pressure				
Inclination of Earth Pressure (Degrees)		7.02		
Earth Pressure Coefficients				
Static	$K_{2x}$	0.244	Dynamic	
	$K_{2y}$	0.257		
			$K_{2ax}$	0.302
			$K_{2ay}$	0.302

External Stability Check									
Load Case	Rv (kN)	Rh (kN)	Resisting Moment (kN m)	Overturning Moment (kN m)	Eccentricity (e)	FOS Bearing	FOS Sliding		Qref (kPa)
Load Case A	1803.12	274.10	5025.29	957.53	1.03	1.88	2.80		324.86
Load Case B	1246.46	274.10	4540.99	856.03	0.45	3.54	2.02		204.55
Load Case C	1382.12	207.17	5025.29	856.03	0.41	3.28	2.02		223.55
Load Case 1S + dW	1315.16	312.45	4664.87	1177.91	0.92	2.48	1.87		254.74
Load Case 1S - dW	1245.76	312.45	4664.87	1177.91	0.97	2.53	1.87		246.18
Load Case 2S + dW	1454.88	312.45	4664.87	1177.91	0.86	2.35	1.87		275.06
Load Case 2S - dW	1377.57	312.45	4664.87	1177.91	0.90	2.40	1.87		265.29

INTERNAL STABILITY CHECK - RUPTURE													
Layer	Case	Depth (m)	Length (m)	Sv	k	Strip Type	No. of Tie points	Ovi (kPa)	Chi (kPa)	Tmax (kN)	To (kN)	Tr/Tm	Tro/Tm
1	A	0.51	9.00	0.70	0.41	1	4	10.55	4.36	3.21	3.03	5.06	5.34
	B							9.49	3.92	3.09	2.94	5.24	5.52
	C							10.55	4.36	3.21	3.03	5.06	5.34
	1S							9.49	3.92	3.61	2.94	6.19	7.62
	2S							10.55	4.36	3.79	3.03	5.91	7.37
2	A	0.89	7.00	0.56	0.40	1	4	21.47	8.66	3.40	3.13	4.77	5.18
	B							19.32	7.80	3.22	2.97	5.04	5.45
	C							21.47	8.66	3.40	3.13	4.77	5.18
	1S							19.32	7.80	3.58	2.97	6.25	7.53
	2S							21.47	8.66	3.80	3.13	5.89	7.15
3	A	1.64	7.00	0.75	0.38	1	4	37.15	14.27	5.94	5.34	2.73	3.04
	B							33.43	12.84	5.54	5.00	2.93	3.24
	C							37.15	14.27	5.94	5.34	2.73	3.04
	1S							33.43	12.84	5.91	5.00	3.79	4.48
	2S							37.15	14.27	6.35	5.34	3.52	4.19
4	A	2.39	7.00	0.75	0.36	1	4	52.68	19.21	7.18	6.37	2.26	2.55
	B							47.41	17.29	6.64	5.91	2.44	2.74
	C							52.68	19.21	7.18	6.37	2.26	2.55
	1S							47.41	17.29	7.02	5.91	3.19	3.79
	2S							52.68	19.21	7.60	6.37	2.94	3.51
5	A	3.14	7.00	0.75	0.35	1	4	67.98	23.47	8.23	7.24	1.97	2.24
	B							61.18	21.12	7.57	6.68	2.14	2.43
	C							67.98	23.47	8.23	7.24	1.97	2.24
	1S							61.18	21.12	7.97	6.68	2.81	3.35
	2S							67.98	23.47	8.67	7.24	2.58	3.09
6	A	3.89	7.00	0.75	0.33	1	4	83.07	27.06	9.11	7.97	1.78	2.03
	B							74.76	24.36	8.35	7.32	1.94	2.21
	C							83.07	27.06	9.11	7.97	1.78	2.03
	1S							74.76	24.36	8.75	7.32	2.56	3.06
	2S							83.07	27.06	9.56	7.97	2.34	2.81
7	A	4.64	7.00	0.75	0.31	2	4	99.60	30.51	9.95	8.67	2.17	2.49
	B							89.64	27.46	9.10	7.94	2.38	2.72
	C							99.60	30.51	9.95	8.67	2.17	2.49
	1S							89.64	27.46	9.52	7.94	3.13	3.76
	2S							99.60	30.51	10.43	8.67	2.86	3.44
8	A	5.39	7.00	0.75	0.29	2	4	116.55	33.44	10.66	9.25	2.03	2.34
	B							104.90	30.10	9.72	8.45	2.23	2.56
	C							116.55	33.44	10.66	9.25	2.03	2.34
	1S							104.90	30.10	10.16	8.45	2.94	3.53
	2S							116.55	33.44	11.15	9.25	2.68	3.23
9	A	6.14	7.00	0.75	0.27	2	4	134.01	36.32	11.37	10.01	1.90	2.16
	B							120.61	32.88	10.34	9.16	2.09	2.36
	C							134.01	36.32	11.37	10.05	1.90	2.15
	1S							120.61	32.88	10.81	9.12	2.76	3.27
	2S							134.01	36.32	11.88	10.01	2.51	2.98
10	A	6.89	7.00	0.75	0.27	2	5	152.68	41.38	10.21	9.25	2.12	2.34
	B							137.41	37.24	9.28	8.45	2.33	2.56
	C							152.68	41.38	10.21	9.29	2.12	2.33
	1S							137.41	37.24	9.77	8.41	3.05	3.55
	2S							152.68	41.38	10.76	9.25	2.77	3.23
11	A	7.64	7.00	0.75	0.27	2	5	172.36	46.71	11.39	10.61	1.90	2.04
	B							155.13	42.04	10.33	9.68	2.09	2.23
	C							172.36	46.71	11.39	10.66	1.90	2.03
	1S							155.13	42.04	10.86	9.64	2.75	3.10
	2S							172.36	46.71	11.97	10.61	2.49	2.81
12	A	8.39	7.00	0.75	0.27	2	5	193.24	52.37	12.64	12.12	1.71	1.78
	B							173.92	47.13	11.46	11.05	1.89	1.96
	C							193.24	52.37	12.64	12.18	1.71	1.77
	1S							173.92	47.13	12.02	10.99	2.48	2.71
	2S							193.24	52.37	13.26	12.12	2.25	2.46
13	A	9.14	7.00	0.74	0.27	2	5	215.53	58.41	13.79	13.60	1.57	1.59
	B							193.98	52.57	12.49	12.39	1.73	1.74
	C							215.53	58.41	13.79	13.68	1.57	1.58
	1S							193.98	52.57	13.09	12.33	2.28	2.42
	2S							215.53	58.41	14.45	13.60	2.06	2.19

INTERNAL STABILITY CHECK - ADHERENCE												
Layer	Case	Depth (m)	Length (m)	Effective Length (m)	$\mu^*$	Strip Type	No. of Reinforcements	Width of rein. (mm)	$\sigma_{vi}$ (kPa)	Tmax (kN)	Tf (kN)	Tf/Tmax
1	A	0.51	9.00	6.24	1.24	1	8	47	10.20	3.21	7.43	2.32
	B								9.18	3.09	6.89	2.16
	C								10.20	3.21	7.43	2.32
	1S								9.18	3.61	6.89	1.85
	2S								10.20	3.79	7.43	1.96
2	A	0.89	7.00	4.30	1.20	1	8	47	17.70	3.40	8.59	2.52
	B								15.93	3.22	7.73	2.40
	C								17.70	3.40	8.59	2.52
	1S								15.93	3.58	7.73	2.16
	2S								17.70	3.80	8.59	2.26
3	A	1.64	7.00	4.42	1.12	1	8	47	32.70	5.94	15.19	2.56
	B								29.43	5.54	13.67	2.47
	C								32.70	5.94	15.19	2.56
	1S								29.43	5.91	13.67	2.31
	2S								32.70	6.35	15.19	2.39
4	A	2.39	7.00	4.55	1.03	1	8	47	47.70	7.18	21.08	2.94
	B								42.93	6.64	18.97	2.86
	C								47.70	7.18	21.08	2.94
	1S								42.93	7.02	18.97	2.70
	2S								47.70	7.60	21.08	2.77
5	A	3.14	7.00	4.67	0.95	1	8	47	62.70	8.23	26.16	3.18
	B								56.43	7.57	23.55	3.11
	C								62.70	8.23	26.16	3.18
	1S								56.43	7.97	23.55	2.96
	2S								62.70	8.67	26.16	3.02
6	A	3.89	7.00	4.80	0.87	1	8	47	77.70	9.11	30.35	3.33
	B								69.93	8.35	27.32	3.27
	C								77.70	9.11	30.35	3.33
	1S								69.93	8.75	27.32	3.12
	2S								77.70	9.56	30.35	3.18
7	A	4.64	7.00	4.92	0.78	2	8	49	92.70	9.95	35.00	3.52
	B								83.43	9.10	31.50	3.46
	C								92.70	9.95	35.00	3.52
	1S								83.43	9.52	31.50	3.31
	2S								92.70	10.43	35.00	3.36
8	A	5.39	7.00	5.05	0.70	2	8	49	107.70	10.66	37.23	3.49
	B								96.93	9.72	33.51	3.45
	C								107.70	10.66	37.23	3.49
	1S								96.93	10.16	33.51	3.30
	2S								107.70	11.15	37.23	3.34
9	A	6.14	7.00	5.32	0.63	2	8	49	122.70	11.37	40.29	3.55
	B								110.43	10.34	36.27	3.51
	C								122.70	11.37	40.29	3.55
	1S								110.43	10.81	36.27	3.36
	2S								122.70	11.88	40.29	3.39
10	A	6.89	7.00	5.69	0.63	2	10	49	137.70	10.21	48.41	4.74
	B								123.93	9.28	43.57	4.70
	C								137.70	10.21	48.41	4.74
	1S								123.93	9.77	43.57	4.46
	2S								137.70	10.76	48.41	4.50
11	A	7.64	7.00	6.07	0.63	2	10	49	152.70	11.39	57.22	5.03
	B								137.43	10.33	51.50	4.98
	C								152.70	11.39	57.22	5.03
	1S								137.43	10.86	51.50	4.74
	2S								152.70	11.97	57.22	4.78
12	A	8.39	7.00	6.44	0.63	2	10	49	167.70	12.64	66.72	5.28
	B								150.93	11.46	60.05	5.24
	C								167.70	12.64	66.72	5.28
	1S								150.93	12.02	60.05	5.00
	2S								167.70	13.26	66.72	5.03
13	A	9.14	7.00	6.82	0.63	2	10	49	182.70	13.79	76.92	5.58
	B								164.43	12.49	69.23	5.54
	C								182.70	13.79	76.92	5.58
	1S								164.43	13.09	69.23	5.29
	2S								182.70	14.45	76.92	5.32

Codifica: LO716CE1901 T04 INB4 TRA RE01 A.doc	Deviazione provvisoria SS106 esistente per la realizzazione della Galleria Roseto 2 - Muro di sostegno Relazione di calcolo	Data: 15/04/2019	Pag. 51 di 54
--	--	---------------------	------------------

**MACCAFERRI** **MacRES Design Software (Version 2.0)**

**PROJECT DETAILS**

Project Name	Macres SS 106 Jonica
Project Number	10219
Revision	
Date	30/05/2019
Client	STE S.r.l.
Analysis Details	Analysis using NTC 2008 A2_M2_R2 Reinforcement type Polymeric and Panel Type MacRes Square

Load Factors Associated with Wall as per NTC 2008 A2_M2_R2					
Effect	Load Combination				
	A	B	C	Seismic (Internal)	Seismic (External)
Soil Weight (Structure), YF1G (w)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mass of the backfill on the top of reinforced soil wall (Soil Surcharge on top), YF1q (w)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Soil Thrust behind structure , YF1G (p)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Surcharge on top , YF1q (w)	1.30	0.00	0.00	1.00	1.00
Surcharge thrust (behind structure) , YF1q (p)	1.30	1.30	0.00	1.00	1.00
Density of reinforced soil fill, Y1	20.00	18.00	20.00	18.00	20.00

Factors as per NTC 2008 A2_M2_R2		
For soil:-		ULS
To be applied to $\tan \phi'_p$	$f_{ms}$	1.25
To be applied to $c'$	$f_{ms}$	1.25
To be applied to $c_u$	$f_{ms}$	1.40
Partial factor for soil reinf interaction :-		
Pullout resistance to reinf	$f_p$	1.00
Partial factor of safety		
Foundation bearing capacity to be applied to $q_{ult}$	$f_{ms}$	1.00
Sliding along base of structure or any horizontal surface where there is soil to soil contact	$f_c$	1.00

**Input Data**

Reinforcement Details			
Reinforcement	Type	Type	
Reinforcement Grade	Paraweb MD 27	Paraweb MD 36	
Width of Reinforcement, b	47	49	
Short Term Design Strength, kN	27.14	38.18	
Long Term Design Strength, kN	18.22	21.62	
Material Factor, $f_m$	1.21	1.21	
Creep	1.38	1.38	

Geometrical Details	
Height of wall	10.50
Coping Height	0.14
Given Coping height	0.21
Panel Height	10.30
Depth of embedment	0.80
Mechanical height	10.50
Angle of Crest Slope	0.00
Distance from the face	0.00
Embenment Height	0.00

Geotechnical Details				
Soil Type	$\phi'$ (Deg)	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma$ Max (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ Min (kN/m <sup>3</sup> )
Reinforced soil fill (r)	35.00	0.00	20.00	18.00
Backfill soil (b)	35.00	0.00	18.00	18.00
Foundation soil (f)	24.00	0.00	21.00	21.00
Service			Service Life (years)	120
Water Level in front of wall	0	Seismic Details		
Water Level in the back of wall	0	Horizontal seismic coefficient kh	0.056	
Average Water Level	0	Vertical seismic coefficient kv	0.028	
		Reduction factor of Live Loads	0.20	

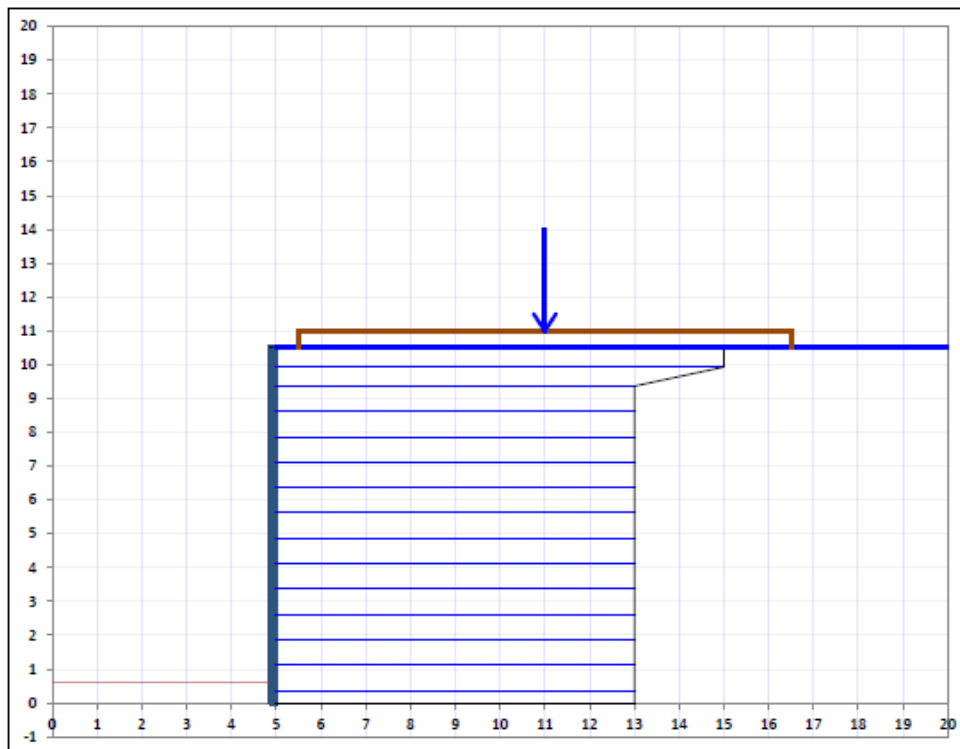
**Loading Details**

Vertical Loading Detail							
1	Sr. No.	Loading	Value in kN/m <sup>2</sup>	Value in kN/m	Width of Strip (m)	Distance from the face of panel (m)	CG of Strip from edge (m)
	1	Strip Loading	20.00	220.00	11.00	0.50	6.00
	2	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	Strip Loading	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	DL	0.00	NA	NA	NA	NA
	5	LL	0.00	NA	NA	NA	NA

**MACCAFERRI MacRES Design Software (Version 2.0)**

2	Horizontal Loading Detail	
	Parameter	Value
	Horizontal Load Intensity (kN/m)	0.00
	Contact Width of footing (m)	0.00
	Distance of footing from face of wall (m)	0.00
	Height of Load from Top of Coping (m), From top of panel if without coping)	0.00
	CG of load	0.00

**CROSS SECTION**



**EXTERNAL STABILITY**

Earth Pressure			
Inclination of Earth Pressure (Degrees)		7.19	
Earth Pressure Coefficients			
Static	$K_{2x}$	0.245	Dynamic
	$K_{2y}$	0.257	
			$K_{2ax}$
			$K_{2ay}$

External Stability Check									
Load Case	Rv (kN)	Rh (kN)	Resisting Moment (kN m)	Overtuning Moment (kN m)	Eccentricity (e)	FOS Bearing	FOS Sliding		Qref (kPa)
Load Case A	1988.27	326.72	7216.65	1252.54	1.07	2.07	2.71		339.33
Load Case B	1570.33	326.72	6520.92	884.58	0.48	3.67	2.14		223.10
Load Case C	1741.27	252.74	7216.65	884.58	0.43	3.39	2.14		244.12
Load Case 1S + dW	1651.98	382.68	6698.58	1596.45	0.98	2.63	1.92		273.64
Load Case 1S - dW	1564.67	382.68	6698.58	1596.45	1.04	2.68	1.92		263.97
Load Case 2S + dW	1827.77	382.68	6698.58	1596.45	0.91	2.47	1.92		296.23
Load Case 2S - dW	1730.76	382.68	6698.58	1596.45	0.97	2.53	1.92		285.25

INTERNAL STABILITY CHECK - RUPTURE													
Layer	Case	Depth (m)	Length (m)	Sv	k	Strip Type	No. of Tie points	Gvi (kPa)	Ghi (kPa)	Tmax (kN)	To (kN)	Tr/Tm	Tro/Tm
1	A	0.57	10.00	0.85	0.41	1	4	11.75	4.84	4.05	3.82	4.01	4.25
	B							10.58	4.35	3.89	3.69	4.16	4.40
	C							11.75	4.84	4.05	3.82	4.01	4.25
	1S							10.58	4.35	4.46	3.69	5.02	6.07
	2S							11.75	4.84	4.68	3.82	4.79	5.66
2	A	1.14	8.00	0.66	0.40	1	4	26.51	10.53	4.38	3.99	3.70	4.06
	B							23.86	9.47	4.12	3.77	3.94	4.30
	C							26.51	10.53	4.38	3.99	3.70	4.06
	1S							23.86	9.47	4.53	3.77	4.94	5.94
	2S							26.51	10.53	4.83	3.99	4.63	5.61
3	A	1.89	8.00	0.75	0.38	1	4	42.11	15.90	6.35	5.68	2.55	2.86
	B							37.90	14.31	5.90	5.30	2.75	3.06
	C							42.11	15.90	6.35	5.68	2.55	2.86
	1S							37.90	14.31	6.32	5.30	3.54	4.22
	2S							42.11	15.90	6.82	5.68	3.28	3.94
4	A	2.64	8.00	0.75	0.36	1	4	57.58	20.62	7.53	6.66	2.15	2.44
	B							51.83	18.56	6.95	6.17	2.33	2.63
	C							57.58	20.62	7.53	6.66	2.15	2.44
	1S							51.83	18.56	7.38	6.17	3.03	3.63
	2S							57.58	20.62	8.01	6.66	2.80	3.36
5	A	3.39	8.00	0.75	0.34	1	4	72.87	24.68	8.53	7.49	1.90	2.17
	B							65.58	22.22	7.84	6.90	2.07	2.35
	C							72.87	24.68	8.53	7.49	1.90	2.17
	1S							65.58	22.22	8.28	6.90	2.70	3.24
	2S							72.87	24.68	9.02	7.49	2.48	2.99
6	A	4.14	8.00	0.75	0.32	1	4	87.92	28.07	9.35	8.17	1.73	1.99
	B							79.13	25.27	8.56	7.50	1.89	2.16
	C							87.92	28.07	9.35	8.17	1.73	1.99
	1S							79.13	25.27	9.01	7.50	2.48	2.99
	2S							87.92	28.07	9.85	8.17	2.27	2.74
7	A	4.89	8.00	0.75	0.30	2	4	104.05	31.20	10.11	8.79	2.14	2.46
	B							93.64	28.08	9.23	8.04	2.34	2.69
	C							104.05	31.20	10.11	8.79	2.14	2.46
	1S							93.64	28.08	9.71	8.04	3.07	3.71
	2S							104.05	31.20	10.64	8.79	2.80	3.39
8	A	5.64	8.00	0.75	0.28	2	4	120.63	33.83	10.73	9.30	2.02	2.32
	B							108.56	30.45	9.78	8.49	2.21	2.55
	C							120.63	33.83	10.73	9.30	2.02	2.32
	1S							108.56	30.45	10.26	8.49	2.91	3.51
	2S							120.63	33.83	11.27	9.30	2.65	3.21
9	A	6.39	8.00	0.75	0.27	2	4	137.77	37.33	11.64	10.10	1.86	2.14
	B							123.99	33.60	10.59	9.25	2.04	2.34
	C							137.77	37.33	11.64	10.15	1.86	2.13
	1S							123.99	33.60	11.09	9.20	2.69	3.24
	2S							137.77	37.33	12.20	10.10	2.45	2.95
10	A	7.14	8.00	0.75	0.27	2	5	155.75	42.21	10.39	9.25	2.08	2.34
	B							140.18	37.99	9.44	8.45	2.29	2.56
	C							155.75	42.21	10.39	9.29	2.08	2.33
	1S							140.18	37.99	9.97	8.41	2.99	3.55
	2S							155.75	42.21	10.98	9.25	2.72	3.23
11	A	7.89	8.00	0.75	0.27	2	5	174.51	47.29	11.51	10.52	1.88	2.06
	B							157.06	42.56	10.44	9.60	2.07	2.25
	C							174.51	47.29	11.51	10.57	1.88	2.04
	1S							157.06	42.56	11.01	9.55	2.71	3.12
	2S							174.51	47.29	12.14	10.52	2.46	2.84
12	A	8.64	8.00	0.75	0.27	2	5	194.16	52.62	12.69	11.90	1.70	1.82
	B							174.75	47.36	11.50	10.88	1.88	1.99
	C							194.16	52.62	12.69	11.97	1.70	1.81
	1S							174.75	47.36	12.10	10.79	2.47	2.76
	2S							194.16	52.62	13.35	11.90	2.23	2.51
13	A	9.39	8.00	0.75	0.27	2	5	214.85	58.22	13.93	13.41	1.55	1.61
	B							193.37	52.40	12.62	12.23	1.71	1.77
	C							214.85	58.22	13.93	13.49	1.55	1.60
	1S							193.37	52.40	13.25	12.15	2.25	2.46
	2S							214.85	58.22	14.63	13.41	2.04	2.23
14	A	10.14	8.00	0.74	0.27	2	5	236.73	64.15	15.04	14.85	1.44	1.46
	B							213.06	57.74	13.62	13.54	1.59	1.60
	C							236.73	64.15	15.04	14.96	1.44	1.45
	1S							213.06	57.74	14.28	13.45	2.09	2.22
	2S							236.73	64.15	15.78	14.85	1.89	2.01

INTERNAL STABILITY CHECK - ADHERENCE												
Layer	Case	Depth (m)	Length (m)	Effective Length (m)	$\mu^*$	Strip Type	No. of Reinforcements	Width of rein. (mm)	Gvi (kPa)	Tmax (kN)	Tf (kN)	Tf/Tmax
1	A	0.57	10.00	6.95	1.24	1	8	47	11.40	4.05	9.20	2.27
	B								10.26	3.89	8.28	2.13
	C								11.40	4.05	9.20	2.27
	1S								10.26	4.46	8.28	1.86
	2S								11.40	4.68	9.20	1.97
2	A	1.14	8.00	5.04	1.17	1	8	47	22.70	4.38	12.62	2.88
	B								20.43	4.12	11.35	2.76
	C								22.70	4.38	12.62	2.88
	1S								20.43	4.53	11.35	2.51
	2S								22.70	4.83	12.62	2.61
3	A	1.89	8.00	5.16	1.09	1	8	47	37.70	6.35	19.94	3.14
	B								33.93	5.90	17.95	3.04
	C								37.70	6.35	19.94	3.14
	1S								33.93	6.32	17.95	2.84
	2S								37.70	6.82	19.94	2.93
4	A	2.64	8.00	5.29	1.01	1	8	47	52.70	7.53	26.35	3.50
	B								47.43	6.95	23.72	3.41
	C								52.70	7.53	26.35	3.50
	1S								47.43	7.38	23.72	3.21
	2S								52.70	8.01	26.35	3.29
5	A	3.39	8.00	5.41	0.92	1	8	47	67.70	8.53	31.77	3.72
	B								60.93	7.84	28.59	3.65
	C								67.70	8.53	31.77	3.72
	1S								60.93	8.28	28.59	3.45
	2S								67.70	9.02	31.77	3.52
6	A	4.14	8.00	5.54	0.84	1	8	47	82.70	9.35	36.10	3.86
	B								74.43	8.56	32.49	3.79
	C								82.70	9.35	36.10	3.86
	1S								74.43	9.01	32.49	3.61
	2S								82.70	9.85	36.10	3.66
7	A	4.89	8.00	5.66	0.75	2	8	49	97.70	10.11	40.93	4.05
	B								87.93	9.23	36.83	3.99
	C								97.70	10.11	40.93	4.05
	1S								87.93	9.71	36.83	3.79
	2S								97.70	10.64	40.93	3.85
8	A	5.64	8.00	5.79	0.67	2	8	49	112.70	10.73	42.90	4.00
	B								101.43	9.78	38.61	3.95
	C								112.70	10.73	42.90	4.00
	1S								101.43	10.26	38.61	3.76
	2S								112.70	11.27	42.90	3.81
9	A	6.39	8.00	5.94	0.63	2	8	49	127.70	11.64	46.87	4.03
	B								114.93	10.59	42.18	3.98
	C								127.70	11.64	46.87	4.03
	1S								114.93	11.09	42.18	3.80
	2S								127.70	12.20	46.87	3.84
10	A	7.14	8.00	6.32	0.63	2	10	49	142.70	10.39	55.68	5.36
	B								128.43	9.44	50.11	5.31
	C								142.70	10.39	55.68	5.36
	1S								128.43	9.97	50.11	5.03
	2S								142.70	10.98	55.68	5.07
11	A	7.89	8.00	6.69	0.63	2	10	49	157.70	11.51	65.18	5.66
	B								141.93	10.44	58.66	5.62
	C								157.70	11.51	65.18	5.66
	1S								141.93	11.01	58.66	5.33
	2S								157.70	12.14	65.18	5.37
12	A	8.64	8.00	7.07	0.63	2	10	49	172.70	12.69	75.38	5.94
	B								155.43	11.50	67.84	5.90
	C								172.70	12.69	75.38	5.94
	1S								155.43	12.10	67.84	5.61
	2S								172.70	13.35	75.38	5.65
13	A	9.39	8.00	7.44	0.63	2	10	49	187.70	13.93	86.27	6.19
	B								168.93	12.62	77.65	6.15
	C								187.70	13.93	86.27	6.19
	1S								168.93	13.25	77.65	5.86
	2S								187.70	14.63	86.27	5.90
14	A	10.14	8.00	7.82	0.63	2	10	49	202.70	15.04	97.86	6.51
	B								182.43	13.62	88.08	6.47
	C								202.70	15.04	97.86	6.51
	1S								182.43	14.28	88.08	6.17
	2S								202.70	15.78	97.86	6.20