

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n° 20355</p>  <p>Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	--	---	---

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA</p> <p>CENTRO DIREZIONALE</p> <p>OPERE CIVILI EDILI</p> <p>VIABILITA' ACCESSO – ASSE 4-2</p> <p>MURO IN T.R. IN DX DA PK 0+132.25 A PK 0+153.25 – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CD0289_F0</div>
---	---	--

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	X	D	C	C	D	1	C	V	A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	F	0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	R. CAFFARENA	G. SCIUTO	F. COLLA

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## INDICE

1.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
2.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	6
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI .....	6
4.	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE.....	6
4.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	8
4.1.1	SABBIE E GHIAIE DI MESSINA .....	11
5.	CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO.....	12
5.1.1	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA .....	13
5.1.2	PARAMETRI SISMICI DI BASE .....	13
5.1.3	STATI LIMITE DI RIFERIMENTO .....	14
5.1.4	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	14
5.1.4.1	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA.....	19
5.1.4.2	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	19
5.2	SPECIFICHE TECNICHE MURI IN T.R.....	20
6.	FASI COSTRUTTIVE .....	20
7.	ANALISI DEI CARICHI .....	20
8.	MODELLI DI CALCOLO .....	22
8.1	PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATO .....	22
8.2	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON COULOMB .....	22
8.3	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON MONONOBE & OKABE .....	22
8.4	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI .....	25
8.5	ANALISI DI STABILITÀ INTERNA DEI MURI IN T.R.....	27
8.6	FORZE DI TRAZIONE NEI RINFORZI DEI MURI IN T.R. ....	27
8.7	CALCOLO DELLE LUNGHEZZE EFFICACI.....	28
9.	RISULTATI DI CALCOLO .....	30
9.1	VERIFICA INTERNA.....	30
9.2	VERIFICA GLOBALE.....	46
9.2.1	A1-M1.....	46
9.2.2	A2-M2.....	51
9.2.3	A2-M2 SISMA.....	53

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</p>	<p><i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000000F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## PREMESSA

La presente relazione riguarda le verifiche di stabilità del muro in terra rinforzata da realizzare in corrispondenza dell'asse 4-2 tra la pk.0+132.25 alla pk.0+153.25.

L'opera in oggetto è inquadrata nel Progetto Definitivo del Ponte sullo Stretto di Messina, nell'ambito delle opere connesse ai collegamenti infrastrutturali, ferroviari e stradali lato Calabria.



Figura: Stralcio planimetrico delle opere

### 1. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008, pubblicato su S.O. alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”
- CIRCOLARE 2 Febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle ‘Nuove norme tecniche per le costruzioni’ di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008 (GU n.47 del 26 Febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n.27)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- UNI ENV 1992-1-1,1-2,1-3,-3: “Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo”;
- UNI ENV 1997: “Eurocodice 7. Progettazione geotecnica”
- UNI ENV 1998-1,5, 2004: “Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Joseph E. Bowles – Fondazioni: Progetto e analisi – McGraw-Hill
- R. Jappelli – Principi di progettazione geotecnica – Helvelius edizioni
- G. Cusmano, G. Patri – La progettazione di opere edili nel sottosuolo – ilSole24ore
- M. Tanzini – Scavo meccanizzato – Dario Flaccovio Editore
- R. Lancellotta – Geotecnica – Zanichelli (1988)

## 3. CARATTERISTICHE MATERIALI

### RINFORZI PER MURI IN TR

Geocomposito costituito da un nucleo di filamenti in poliestere ad alta tenacità densamente raggruppati, paralleli e perfettamente allineati, racchiusi in una guaina protettiva di resina annegati in una massa di polietilene a forma di nastro di larghezza compresa tra gli 80 ed i 90 mm.

Il geosintetico dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- resistenza a trazione longitudinale ammissibile kN/m 85
- deformazione massima al carico di rottura 10 %
- dimensione della maglia vuota 20 x 20 mm.

In particolare, il valore di resistenza a trazione del geosintetico adottato è stato opportunamente ridotto, in base al coefficiente di sicurezza che tiene conto dei fattori riduttivi dell'efficacia del rinforzo, inclusi quelli provenienti dalla posa in opera [Raccomandazioni britanniche BS8006-“Strengthened/Reinforced soils and other fills”]. Si ottiene pertanto:

$$T_u = \frac{T_{amm}}{f} = \frac{85}{1.6} = 53.12 \text{ kN/m}$$

### **TERRENI PER MURI IN TR**

Per il rilevato in T.A. si impiegano normalmente terre appartenenti ai gruppi:

- A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 classifica C.N.R.-U.N.I. 10006/1963.

## 4. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'opera ha altezza variabile compresa tra 3.80 m e 5.05 m, per uno sviluppo complessivo dell'opera di 21.00 m. La larghezza dei rinforzi è pari a 5.00 m. La tecnologia della terra armata permette di realizzare opere di sostegno a gravità con un materiale da costruzione composito, costituito appunto da terra ed armature di rinforzo. L'attrito fra le armature, geogriglie in materiale

composito, ed il rilevato viene sfruttato per trattenere un paramento esterno la cui funzione è di contenere il terreno immediatamente a tergo di esso. La restante parte del riempimento, grazie alle armature, è resa monolitica ed è assimilabile ad un muro a gravità dotato di grande flessibilità e capacità di adattarsi a differenti condizioni di esercizio.

La tipologia di rinforzo impiegata è costituita da geogriglie ad alta resistenza, sia come rinforzo principale che secondario. La pendenza del paramento è di 70°, viene mantenuta attraverso un cassero in rete elettrosaldata con ferri del diametro di 8 mm a passo variabile.

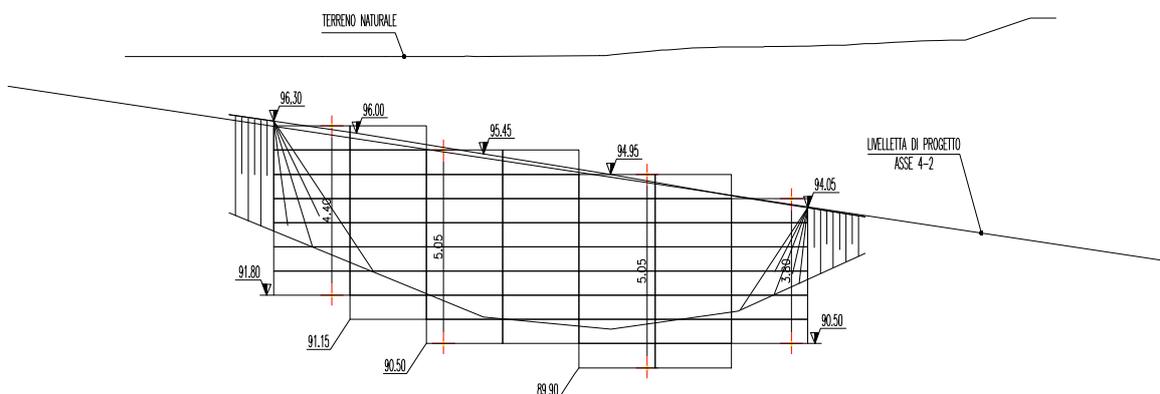
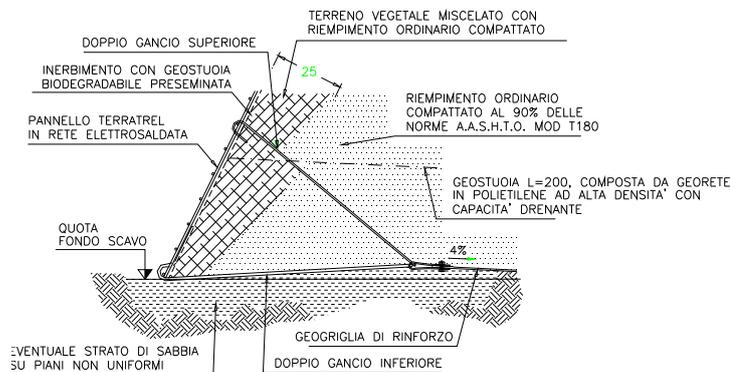


Figura 4.1: Prospetto del muro in T.R.

Per i dettagli geometrici e di montaggio si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

Per l'analisi dettagliata degli aspetti geologici e geomorfologici si rimanda ai seguenti elaborati:

Relazione tecnica illustrativa Indagini geognostiche	CG0800	Q	PR	D	C	RI	I5	00	00	00	00	01	A
Planimetria Indagini Geognostiche Calabria - Tavola 1	CG0800	Q	P6	D	C	RI	I5	00	00	00	00	01	A
Planimetria Indagini Geognostiche Calabria - Tavola 2	CG0800	Q	P6	D	C	RI	I5	00	00	00	00	02	A
Planimetria Indagini Geognostiche Calabria - Tavola 3	CG0800	Q	P6	D	C	RI	I5	00	00	00	00	03	A
Planimetria Indagini Geognostiche Calabria - Tavola 4	CG0800	Q	P6	D	C	RI	I5	00	00	00	00	04	A
Indagini geognostiche - Relazione generale	CG0000	P	RG	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	01	A
Indagini geognostiche - Relazione sulle indagini sismiche	CG0000	P	RG	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	02	A
Indagini geognostiche - Risultati prove di laboratorio	CG0000	P	RG	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	03	A
caratterizzazione geotecnica - relazione geotecnica generale	CG0800	P	RB	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	01	A
Relazione sismica generale	CG0800	P	RG	D	C	SB	C8	G0	00	00	00	01	A
Tracciato stradale - Ramo A													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	01	A
Tracciato stradale - Ramo B													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	02	A
Tracciato stradale - Ramo C													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	03	A
Tracciato stradale - Ramo D													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	04	A
Tracciato stradale - Rampa F													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	05	A
Tracciato stradale - Rampa G													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	06	A
Tracciato stradale - Rampa M													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	07	A
Tracciato stradale - Rampa U													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	08	A
Tracciato stradale - Rampa V													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	09	A
Tracciato stradale - Ramo A accelerazione													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	10	A
Tracciato stradale - Ramo C decelerazione													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	11	A
Tracciato stradale - Ramo D decelerazione													
Profilo geotecnico	CG0800	P	FZ	D	C	SB	C8	ST	00	00	00	12	A

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

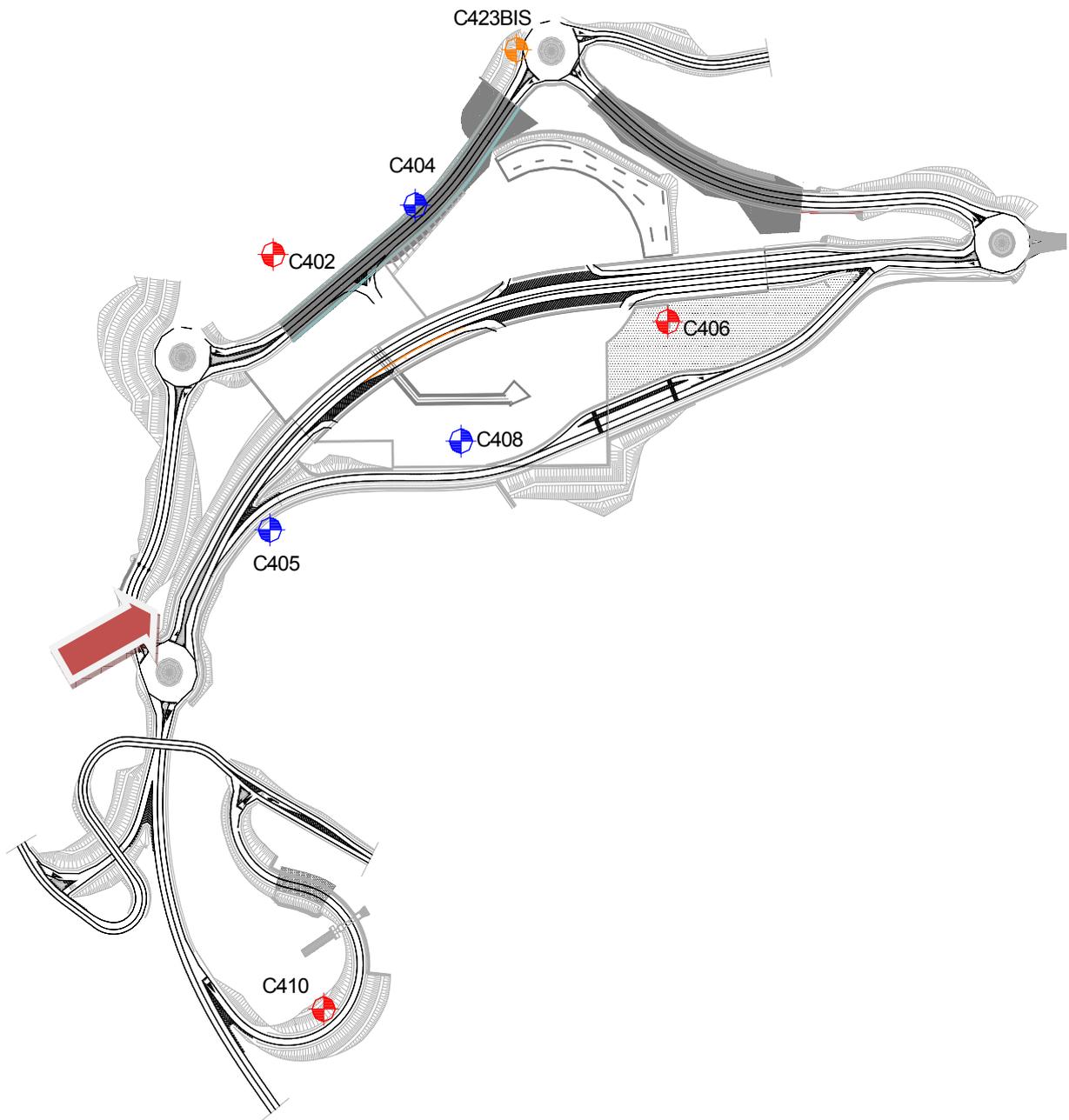


Fig. 4.2 – Stralcio planimetrico con ubicazione delle opere e dei sondaggi

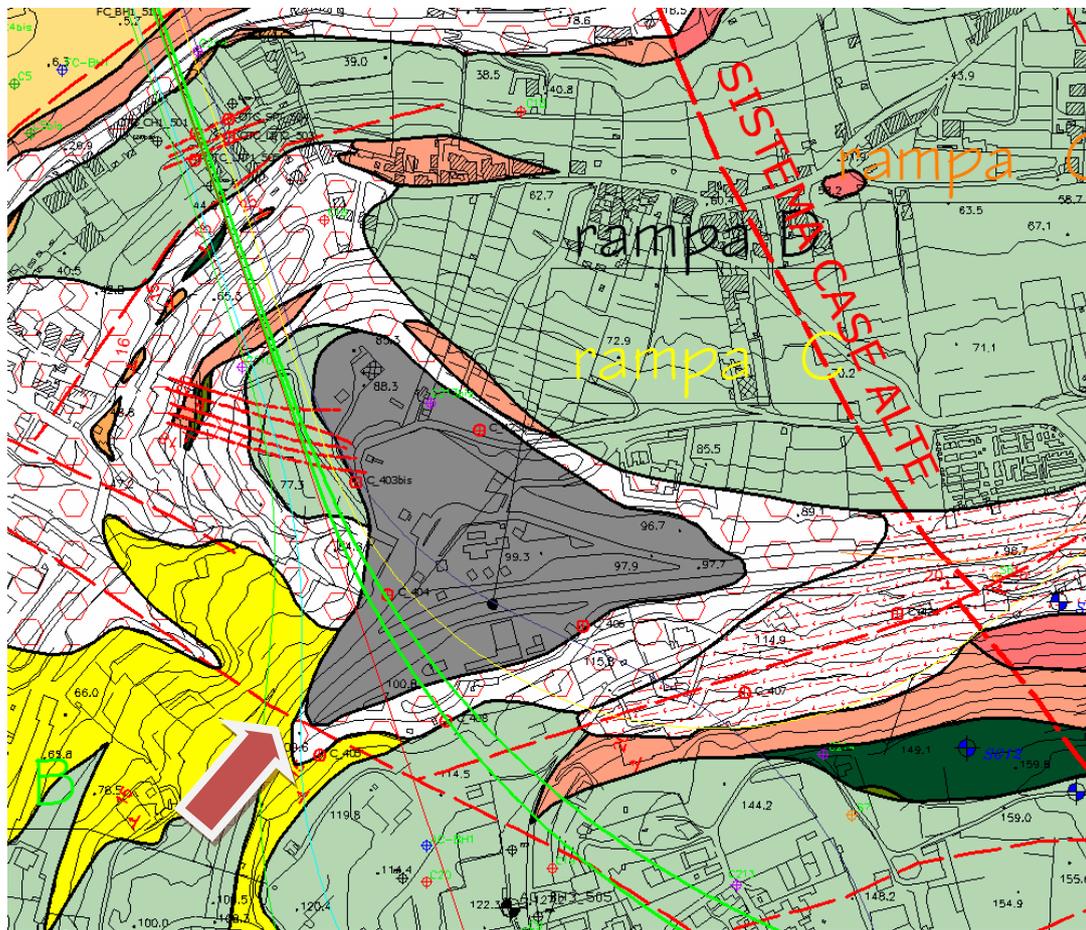
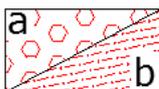


Figura 4.2: Stralcio della carta geologica con ubicazione della struttura

**Ghiaie e sabbie di Messina.**



Sabbie e ghiaie grigio giallastre, con abbondante matrice. I clasti sono da subarrotondati ad appiattiti, spesso embriciati. Sono presenti livelli e lenti di sabbie fini. Si presentano clinostratificati. Le facies sono attribuibili ad ambienti di tipo deltizio e/o conoide sottomarina. (PLEISTOCENE MEDIO)



**Depositi di versante.**

Depositi poco coesivi, costituiti da materiale spigoloso, poligenico ed eterometrico con matrice a grana fine (a), localmente si presenta con grossi blocchi. In località Case Alte il detrito si presenta con tessiture da medie a grossolane, subordinatamente fine, con laminazione incrociata e clinostratificato (b). (OLOCENE)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 4.1.1 SABBIE E GHIAIE DI MESSINA

Per le caratteristiche fisiche da un'analisi statistica delle caratteristiche granulometriche emerge, un andamento che conferma che le caratteristiche granulometriche dei materiali in esame sono tipiche di materiali sia di materiali a grana grossa (ghiaie 36%), sia di materiali intermedi (sabbie 52%). Il contenuto di fino è mediamente del 11%. La formazione non è sovraconsolidata, nel senso che in passato non ha generalmente subito dei carichi maggiori di quelli attuali. Presenta un locale grado di cementazione di natura chimica.

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18-20
$c'_{\text{picco}}$ (kPa)	0-10
$\varphi'_{\text{picco}}$ (°)	38° ÷ 40° (p'ff=0-272KPa) / 35° ÷ 38° (p'ff=272-350KPa)
$C_{\text{residuo}}$ ' (kPa)	0
$\varphi_{cv}'$ (°)	33-35
$k_0$ (-)	0.45-0.55
$V_s$ (m/sec)	200 + 7 z
$G'_o$	$G'_o = 1780 \cdot p_a \cdot \left( \frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.65}$
$E_o$	$E_o = 4300 \cdot p_a \cdot \left( \frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.65}$
$E' *$	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.7}$
$\nu'$	0.2
$K$ (m/s)	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-5</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

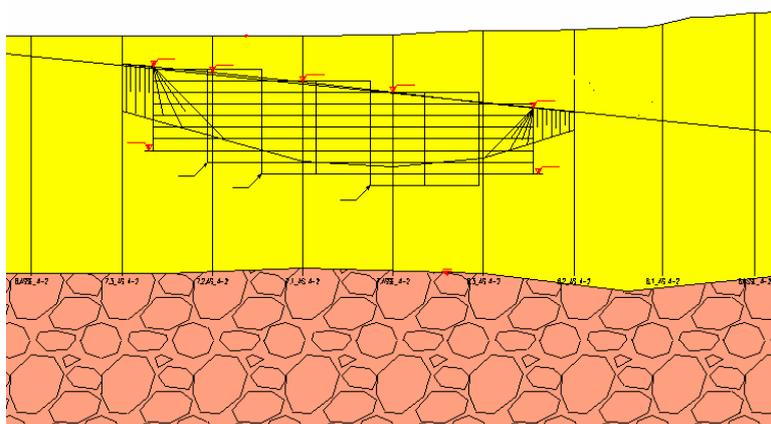


Figura 4.3: Profilo geotecnico

L'opera interessa nella sua totalità la formazione delle sabbie e ghiaie di Messina sia come terreno di fondazione che come terreno di riempimento.

Per la valutazione degli angoli di attrito terreno struttura si è fatto riferimento alla seguente tabella:

Tipo di opera	Lato spinta attiva $\delta a/\varphi'$	Lato spinta passiva $\delta p/\varphi'$
<b>Calcestruzzo gettato in opera</b>	<b>2/3</b>	<b>2/3</b>
Calcestruzzo prefabbricato	1/2 ÷ 2/3	1/2 ÷ 2/3
Palancole metalliche	2/3	1/2 ÷ 2/3
Micropali iniettati	2/3 ÷ 1	2/3
Terre rinforzate/armate	1	1/2 ÷ 2/3

## 5. CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO

La caratterizzazione sismica del sito in cui è inserita l'opera in oggetto viene effettuata sulla base delle indicazioni contenute nel D.M. 14/01/2008 (paragrafo 3.2). I parametri sismici di base sono stati calcolati utilizzando il foglio di calcolo dedicato "Spettri di risposta", fornito dal Consiglio Sup. LL.PP. (<http://www.cslp.it/cslp/>), inserendo le coordinate geografiche dell'intervento in corrispondenza dell'opera in progetto:

<b>Latitudine</b>	38,22715
<b>Longitudine</b>	15,645979

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.1.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito dipende dal periodo di riferimento considerato per la definizione dell'azione sismica. In base alle indicazioni riportate nel paragrafo 2.4 del D.M. 14/01/2008 e quanto riportato nei criteri di progettazione contenuti nel documento "criteri di progettazione\_rev06\_20101013.xls":

<b>Tipo di costruzione</b>	3
<b>Vita nominale (<math>V_N</math>)</b>	100 anni
<b>Classe d'uso</b>	IV
<b>Coefficiente d'uso (<math>C_U</math>)</b>	2

Pertanto il periodo di riferimento per l'azione sismica vale:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 2 = 200 \text{ anni}$$

### 5.1.2 PARAMETRI SISMICI DI BASE

In base alla posizione del sito in esame ed al periodo di riferimento considerato, si ottengono i seguenti parametri sismici di base:

<b>STATO LIMITE</b>	<b><math>T_R</math> [anni]</b>	<b><math>a_g</math> [g]</b>	<b><math>F_0</math> [-]</b>	<b><math>T_C^*</math> [sec]</b>
<b>SLO</b>	120	0.133	2.330	0.324
<b>SLD</b>	201	0.172	2.358	0.337
<b>SLV</b>	1898	0.444	2.488	0.421
<b>SLC</b>	2475	0.492	2.502	0.436

- dove:  $T_R$  = periodo di ritorno associato allo Stato Limite considerato;
- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;
- $F_0$  = 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.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.1.3 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO

Nel caso delle strutture in genere e delle opere di sostegno (muri, paratie) devono essere verificati i seguenti Stati Limite:

- **SLD** (Stato Limite di Danno), associato alle verifiche a Stato Limite di Esercizio;
- **SLV** (Stato Limite di salvaguardia della Vita), associato alle verifiche a Stato Limite Ultimo.

### 5.1.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento indicate nella Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessori massimo pari a 3m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina media-mente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsa-mente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

L'opera insiste interamente nella formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina. Il substrato è costituito dal Conglomerato di Pezzo, ad una profondità media di circa 4.50 m dalla fondazione del

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

conco di altezza maggiore, esteso fino alle massime profondità indagate.

Data l'esiguità delle prove localmente presenti, si è scelto di tenere conto anche delle prove effettuate nei sondaggi utilizzati per caratterizzare la zona in corrispondenza delle rampe di accesso alle gallerie (Rampe A/B/C/D 0-0+500). E' stato stimato il valore di  $N_{spt,30}$  a partire dai dati delle prove penetrometriche in foro effettuate nel sondaggio **C405**, ritenuto maggiormente rappresentativo per l'opera in esame, per uno spessore di 30.00 m valutato, dal piano d'imposta della fondazione di quota maggiore, quest'ultimo si trova a circa 9.00 m dalla quota del sondaggio (100.70).

□ □

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{1,M} N_{SPT,i}}$$

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo

NSPT = Valore di  $N_{spt}$  i-esimo

$M$  = Numero di strati

#### Asse 4-2:

**Muro in terra rinforzata in dx da pk 0+132.25 a pk 0+153.25**

#### C405

Strato	Litotipo	$h_i$ [m]	$N_{SPT}$	Z	$h_i/N_{spt,i}$	
$h_1$	Sabbia con ghiaia	0	78	0.00	0.000	
$h_2$	Gh. Sabb. Con Ciott.	6.6	87	6.60	0.076	
$h_3$	Sabbie fini con ciottoli	5.5	72	12.10	0.076	
$h_4$	Sabbia da granito alterato	17.9	100	30.00	0.179	
$h_{totale}$		<b>30</b>		$\Sigma h_i/N_{spt,i}$	0.331	
<b><math>N_{spt,30} =</math></b>		<b>30</b>	<b>/</b>	<b>0.331</b>	<b>=</b>	<b>90.57</b>
<b>B</b>						

Sulla base dei valori sopra riportati, si ritiene che il sottosuolo di progetto rientri nella **Categoria B**.

Si riporta la colonna stratigrafica del sondaggio di riferimento C405, dalla quale si evince l'assenza di falda.



**MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE**

Codice documento

CG0700PRXDCCD1CVA000000F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

Committente EuroLink S.p.A.		Profondità raggiunta 45,0 m	Quota Ass. P.C.		Certificato n°	Pagina 2/3						
Coordinatore Dott. Geol. Filippo Carmeni		Ubicazione				Inizio/Fine Esecuzione 06/05/2010-13/05/2010						
Responsabile Dott. Geol. Salvatore Girola		Sondaggio C 4/5	Tipo Carotaggio Carotaggio Continuo		Tipo Sonda EGT 750		Coordinate X Y					
Scala (mt)	Litologie	Descrizione	Quote	%Carotaggio	S.R.T.	Podat. Test kg/cmq	Campioni	Falce	R.Q.D. %	Prova Permeab.	Prova Dilatometr.	Piezometro
21	+	Blocco granitico di colore chiaro e ghiaie grosse arrotondate. Il blocco granitico mostra un elevato grado di alterazione	20.30 21.30				21.45 21.75					
22		Sabbie molto fini, di origine granitica con fasce cromatiche che vanno dal giallastro al bruno sino al nero										
23												
24												
25					m° 17,35; R		25.35 25.40				26.00	
26					25.60 DA							
27			27.30									
28		Sabbie medie di colore simile alle precedenti con sfumature giallo ocra;					28.25 28.50					
29			28.70									
30		Blocco granitico molto alterato, la granulometria è quella delle sabbie medie. Presenta a luoghi fasce di colore scuro e ciottoli sub-arrotondati a 31,80;										
31												
32			32.50		m° R							
33		Sabbie medie con ciottolo granitico tra 33,20 e 34,40 e pasteggi di colore scuro;			32.40 DA							
34							34.25 34.60				35.00	
35												
36			36.60									
37		Ghiaie cementate di colore chiaro;										
38		Ghiaie cementate di colore chiaro;	37.50									
39							38.25 38.35					
40		Blocco granitico con fasce di alterazione media;	39.00 40.00								40.00	

Legend: (+) - Claystone, (-) - Sandstone, (O) - Gravel, (C) - Claystone, (S) - Sandstone  
 Symbols: A/M - Tuffe Aperte, C/C - Conglomerate  
 Notes: P/A - Pseudo Aperta, P/C - Pseudo Chiosa  
 Carotaggio: Carotaggio Continuo

Responsabile: Coordinatore:

**MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE**

*Codice documento*

CG0700PRXDCCD1CVA000000F0

*Rev*

F0

*Data*

20/06/2011

Committente EuroLink S.p.a.		Profondità raggiunta 45,0 m		Quota Ass. P.C.		Certificato n°		Pagina 3/3				
Coordinatore Dot. Gen. Filippo Carmeni		Ubicazione						Inizio/Piano Esecuzione 05/05/2010-13/05/2010				
Responsabile Dot. Gen. Salvatore Gloria		Sondaggio C 405		Tipo Carotaggio Carotaggio Continuo		Tipo Sonda EGT 710		Coordinate X Y				
Scala (mt)	Urtologie	Descrizione	Quota	% Carotaggio	S.P.T.	Rock Test Iq/cm²	Campioni	Falda	R.Q.D. %	Prova Permeab.	Prova Dilatometr.	Ricambio
41	+	Limi con sabbie di colore giallastro;	40.60									
42	+	Blocco granitico a luoghi debolmente alterato;										
45			45.00									5.00
<p>Campioni: Campioni CF-Campione Filareggiolo, CF-Campione Filadelfato          Picostrada: PFA-Solo Aperta, CIO-Diagonale          Picostrada: PFA-Punta Aperta, PFA-Punta Chiusa          Carotaggio: Carotaggio Continuo</p> <p align="center">Responsabile <span style="float: right;">Coordinatore</span></p>												

Colonna stratigrafica sondaggio C405

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

#### 5.1.4.1 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) può essere calcolato in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di Categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008.

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

STATO LIMITE	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [sec]	$S_s$	
SLV	0.444	2.488	0.421	A	1.00
				B	1.00
				C	1.037
				D	0.90
				E	1.00

Per le componenti verticali del sisma, il coefficiente  $S_s$  assume sempre il valore unitario.

#### 5.1.4.2 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

In accordo con la Tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008, le caratteristiche topografiche del sito in cui sorge l'opera in progetto rientrano nella **Categoria T1** ("Pendii con inclinazione media  $i < 15^\circ$ ").

Tenendo conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, il valore del coefficiente di topografia ( $S_T$ ) assume quindi un valore pari a 1.00, in accordo con quanto riportato nella Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 5.2 SPECIFICHE TECNICHE MURI IN T.R.

Una volta posizionati i casseri e legati tra di loro si procede con la posa della stuoia antierosiva: foderandone internamente il fronte, svolgendo la stuoia già fornita in rotoli di altezza appropriata, di circa cm 100. Per le sezioni a mezza costa si dovrà provvedere a stendere sul fronte di scavo un geocomposito drenante che verrà avvolto attorno a un tubo di drenaggio microfessurato alla base. I rotoli di geogriglia verranno posizionati in modo tale che la direzione longitudinale risulti parallela alla direzione principale delle tensioni ed in modo tale che i teli contigui risultino tra loro allineati. Il materiale sarà steso manualmente avendo cura di evitare la formazione di ondulazioni o grinze e sovrapponendo i teli contigui per una larghezza pari ad almeno una maglia.

La geogriglia di rinforzo primario dovrà scorrere aderente alla facciata interna del cassero e avanzare verso l'esterno di una porzione (risvolto) pari a circa cm 150, l'eventuale rinforzo secondario andrà steso sul piano del rilevato senza essere risvoltato sul cassero.

Posizionare i tiranti necessari per l'irrigidimento del cassero, uno ogni 60 cm circa. Il materiale di riempimento verrà posizionato sulle geogriglie secondo la direzione longitudinale evitando di far circolare i mezzi di cantiere direttamente sulla geogriglia.

A tergo del paramento esterno inclinato sarà posto del terreno vegetale per uno spessore di almeno 30 cm e poi si provvederà alla stesa e compattazione del terreno per la formazione del rilevato strutturale; questa avverrà per strati di altezza pari a ca. 25-30 cm e per un totale pari alla distanza tra i teli di rinforzo.

## 6. FASI COSTRUTTIVE

Di seguito vengono descritte le fasi costruttive per la realizzazione dell'opera.

1. Scavo fino alla quota d'appoggio
2. Realizzazione dell'opera per strati dello spessore di 65 cm

## 7. ANALISI DEI CARICHI

Per l'opera in oggetto sono state prese in considerazione le spinte statiche e sismiche dei terreni e l'effetto di un sovraccarico accidentale stradale, pari a 20 KN/mq, dovuto alla presenza a monte dell'asse 4-2.

		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</p>	<p><i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA0000000F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8. MODELLI DI CALCOLO

### 8.1 PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATO

Le verifiche di stabilità e le verifiche interne dei muri in terra rinforzata sono state condotte con l'ausilio del codice di calcolo commerciale "Slope" della GEOstru vers. 2011.8.0.637.

### 8.2 CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON COULOMB

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Coulomb* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \times \gamma_t \times z$$

La spinta  $S_t$  è applicata ad  $1/3 H$  di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2\beta \times \sin(\beta + \delta) \times \left[ 1 + \frac{\sin(\delta + \phi) \times \sin(\phi - \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \times \sin(\beta - \varepsilon)} \right]^2}$$

Valori limite di  $K_a$ :  $\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$  secondo Muller-Breslau

$\gamma_t$  Peso unità di volume del terreno;

$\beta$  Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\phi$  Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  Angolo di attrito terra-muro;

$\varepsilon$  Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H Altezza della parete.

### 8.3 CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON MONONOBE & OKABE

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

l'angolo  $\varepsilon$ , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo  $\beta$ , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità  $\theta$  tale che:

$$\operatorname{tg} \theta = k_H / (1 \pm k_V)$$

con  $k_H$  coefficiente sismico orizzontale e  $k_V$  verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti  $k_H$  e  $k_V$  devono essere calcolati come:

$$k_H = S a_g / r \quad k_V = 0,5 k_H$$

in cui  $S a_g$  rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dalla normativa vigente. Al fattore  $r$  viene può essere assegnato il valore  $r = 2$  nel caso di opere sufficientemente flessibili (muri liberi a gravità), mentre in tutti gli altri casi viene posto pari a 1 (muri in c.a. resistenti a flessione, muri in c.a. su pali o tirantati, muri di cantinato).

#### Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica  $Z_c$  come segue:

$$Z_c = \frac{2 \times c}{\gamma} \times \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \times \frac{\operatorname{sen} \beta}{\operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

dove

$Q$  = Carico agente sul terrapieno;

Se  $Z_c < 0$  è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \times H$$

con punto di applicazione pari a  $H/2$ ;

#### Carico uniforme sul terrapieno

Un carico  $Q$ , uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_A \times Q \times \operatorname{sen} \beta / \operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per integrazione, una spinta pari a  $S_q$ :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \frac{\sin\beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Con punto di applicazione ad  $H/2$ , avendo indicato con  $K_a$  il coefficiente di spinta attiva secondo *Muller-Breslau*.

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

dove:

H altezza muro

$k_v$  coefficiente sismico verticale

$\gamma$  peso per unità di volume del terreno

K coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico)

$E_{ws}$  spinta idrostatica dell'acqua

$E_{wd}$  spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica  $E_{wd} = 0$ , ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo  $\theta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H'^2$$

Con  $H'$  altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica

La falda con superficie distante  $H_w$  dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità  $z$ , sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \times z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = 1/2 \times \gamma_w \times H^2$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $\gamma_t$  con  $\gamma'_t$  ( $\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$ ), peso efficace del materiale immerso in acqua.

### Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \times \gamma_t \times z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\text{sen}^2(\phi + \beta)}{\text{sen}^2\beta \times \text{sen}(\beta - \delta) \times \left[ 1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \phi) \times \text{sen}(\phi + \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \times \text{sen}(\beta - \varepsilon)}} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di  $\delta$  pari a:

$$\delta < \beta - \phi - \varepsilon$$

L'espressione di  $K_p$  secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \phi}}$$

## **8.4 CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI**

### Metodo di Vesic

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove  $V_d$  è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto  $R_d$  si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Dove:

$A' = B' L'$  area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

$c_u$  coesione non drenata

$q$  pressione litostatica totale sul piano di posa

$s_c$  Fattore di forma

$s_c = 0,2 (B'/L')$  per fondazioni rettangolari

$i_c$  Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

$A_f$  area efficace della fondazione

$c_a$  aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left( \frac{B'}{L'} \right) \tan \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4(B'/L') \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \phi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$m = \frac{2 + B'/L'}{1 + B'/L'}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Convenzione segni

Forze verticali            positive se dirette dall'alto verso il basso;

Forze orizzontali        positive se dirette da monte verso valle;

Coppie                            positive se antiorarie;

Angoli                            positivi se antiorari.

## 8.5 ANALISI DI STABILITÀ INTERNA DEI MURI IN T.R.

### Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\Sigma F_V = 0, \Sigma M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura.}$$

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

I valori di F e di  $\Delta X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $\Delta X = 0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

## 8.6 FORZE DI TRAZIONE NEI RINFORZI DEI MURI IN T.R.

Si determinano le forze di trazione nei vari rinforzi, date dall'area del diagramma delle pressioni relative a ogni striscia. Per il diagramma triangolare relativo al terrapieno, la forza nella striscia è data dall'area dell'elemento trapezio ab' d' e viene trasformata nella pressione media  $q_i$  alla profondità della striscia  $Z_i$  mediante la relazione:

$$q_i = \gamma \times z_i \times K_a$$

La pressione  $q_i$  agisce su una area definita dalla spaziatura delle armature  $h \times s$  e corrisponde a una forza di trazione nel rinforzo pari a:

$$T_i = q_i \times A = \gamma \times z_i \times K_a \times (h \times s)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Per l'equilibrio la somma delle forze di trazione deve essere pari alla componente orizzontale delle forze agenti.

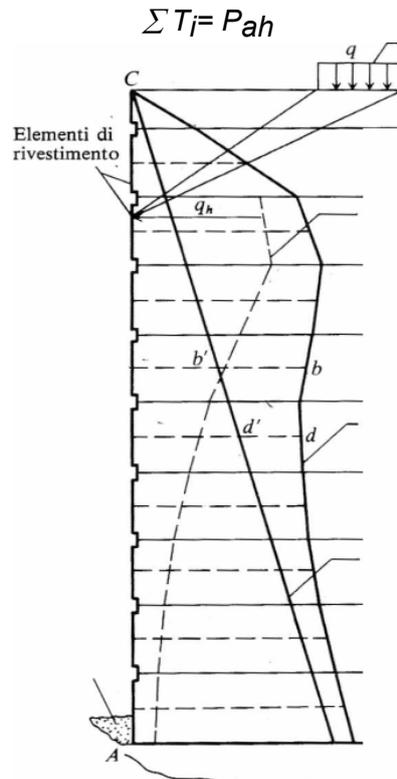


Figura 8.1: Trazione nei rinforzi

## 8.7 CALCOLO DELLE LUNGHEZZE EFFICACI

Si calcolano le lunghezze delle strisce  $L_e$  che compaiono in figura 8.2, necessarie affinché si sviluppi una forza d'attrito  $F_r = T_i$ . Sulla base di tali lunghezze e delle dimensioni del cuneo di Rankine, si può determinare la lunghezza globale  $L_o$  delle strisce da utilizzare. In generale, per tutta l'altezza del muro si usano strisce della stessa lunghezza. La lunghezza di ancoraggio dipende dal coefficiente d'attrito  $f = \tan \delta$  tra suolo e rinforzo, essendo  $\delta$  un'opportuna frazione dell'angolo d'attrito interno del terreno  $\phi$ . Se la striscia è sufficientemente scabra  $\delta = \phi$ , mentre per metalli lisci  $\delta$  è compreso orientativamente tra  $20^\circ$  e  $25^\circ$ .

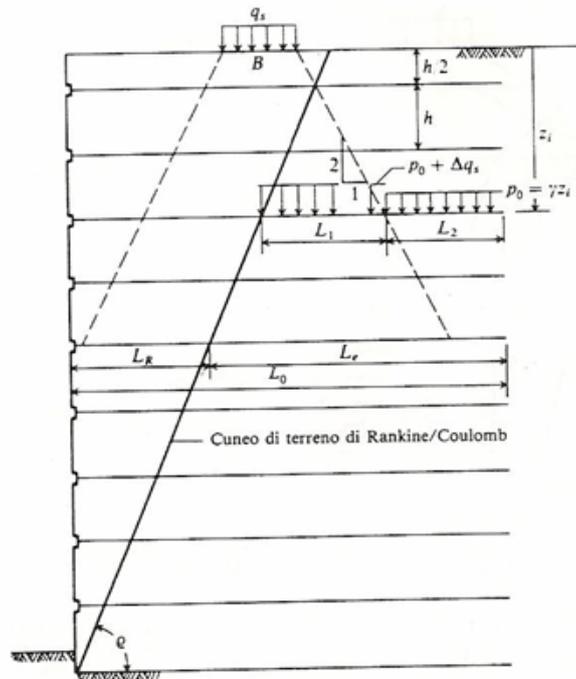


Figura 8.2: Lunghezze efficaci

Per strisce di dimensioni  $b \times L_e$  e per fogli di geotessile di larghezza unitaria e lunghezza  $L_e$ , entrambe le facce sviluppano attrito; per barre circolari, l'attrito resistente è sviluppato lungo il perimetro. In ogni caso, l'attrito è dato dal prodotto di  $f$  per la pressione normale al rinforzo calcolata come  $p_0 = \gamma z_i$  dove  $z_i$  è la distanza *media* dalla superficie del terreno al rinforzo. Si ha quindi:

**Per fogli:**

$$F_i = 2(\gamma z_i) \tan \delta (1 \times L_e) \geq T_i$$

Se nelle precedenti formule il segno  $\geq$  è sostituito col segno di uguale, il coefficiente di sicurezza FS è pari a 1. Se si assume  $FS > 1$ , il valore di  $L_e$  risulta necessariamente maggiore di quello dato da queste formule.

Si determina quindi la sezione delle armature  $b \times t$ . Nel caso di geotessili si ha il problema che la resistenza del tessuto varia a seconda del produttore; tra quelli possibili si sceglie un tessuto che:

Larghezza striscia  $b \times$  resistenza per unità di larghezza  $\geq T_i$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 9. RISULTATI DI CALCOLO

### 9.1 VERIFICA INTERNA

#### Descrizione

Acc. sismica orizzontale	0.444
Coef. amplificazione topografica (ST)	1
Categoria profilo stratigrafico (S)	1
Incremento delle pressioni neutre	0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.137
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0685

#### Geometria

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.85	5.05
3	6.85	5.05

#### Terreno rinforzo

Peso unità di volume	2000.0 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	0.0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza a taglio	38.0 °
Coesione	0.0 kg/m <sup>2</sup>
Angolo attrito terreno rinforzo	38.0 °

#### Terreno riempimento

Peso unità di volume	1900.0 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	2000.0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza a taglio	38.0 °
Coesione	0.0 kg/m <sup>2</sup>
Angolo inclinazione spinta	0.0 °

#### Terreno fondazione

Peso unità di volume	1900.0 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	2000.0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza a taglio	38.0 °
Coesione	0.0 kg/m <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Posizione rinforzi**

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lungh ezza ripiegat ura (m)	Lungh ezza facciat a (Lf) (m)	Lungh ezza cuneo (Lr) (m)	Lungh ezza efficac e (Le) (m)	Lungh ezza totale (Lt) (m)	Interas se (m)	Fattore sicurez za sfilame nto	Tensio ne rinforzo (kg/m <sup>2</sup> )	Fattore sicurez za rottura
1	0.02	0.05	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.02	4.98	5	0	45.76	--	31.64
2	0.26	0.7	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.34	4.66	5	0	44.19	--	12.21
3	0.49	1.35	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.66	4.34	5	0	42.95	--	7.58
4	0.73	2.0	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.98	4.02	5	0	42.25	--	5.51
5	0.97	2.65	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.29	3.71	5	0	42.53	--	4.33
6	1.21	3.3	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.61	3.39	5	0	44.88	--	3.58
7	1.45	3.95	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.93	3.07	5	0	53.08	--	3.05
8	1.69	4.6	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.24	2.76	5	0	94.86	--	2.66

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Elenco rinforzi**

Tipo	Descrizione	Struttura (mm)	Resistenza
1	Striscia 10x5 Red	Strisce Larghezza, Spessore=10/5	200 N/mm <sup>2</sup>
2	Barra Ø20 Green	Barre Diametro=20	250 N/mm <sup>2</sup>
3	Tenax LBO 330	Strisce Larghezza, Spessore=10/5	0 N/mm <sup>2</sup>
4	35/20- Geogriglie_Poliestere	Fogli	37 kN/m
5	55/30- Geogriglie_Poliestere	Fogli	60 kN/m
6	80/30- Geogriglie_Poliestere	Fogli	85 kN/m
7	110/30- Geogriglie_Poliestere	Fogli	115 kN/m
8	Striscia 50x4	Strisce Larghezza, Spessore=50/4	338 N/mm <sup>2</sup>
9	GEOGRIGLIA	Fogli	53.12 kN/m

**Descrizione**

Nr.	Confermare con il pulsante destro del mouse	X (m)	Y (m)	Lx (m)	Ly (m)	Q (kg/m <sup>2</sup> )
1	traffico	3.35	5.15	10	1	2000

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Combinazione 1(A1+M1)**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.30
3	Spinta falda	1.30
4	Spinta sismica in x	0.00
5	Spinta sismica in y	0.00
6	Resistenza sfilamento	1.00
7	traffico	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione	1
3	Coesione non drenata	1
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

**Combinazione 2(A2+M2)**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Spinta falda	1.00
4	Spinta sismica in x	0.00
5	Spinta sismica in y	0.00
6	Resistenza sfilamento	1.00
7	traffico	1.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione	1.25
3	Coesione non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0

**Combinazione 3 (a2-M2 sisma)**

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Spinta falda	1.00
4	Spinta sismica in x	1.00
5	Spinta sismica in y	1.00
6	Resistenza sfilamento	1.00
7	traffico	0.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione	1.25
3	Coesione non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
	Angolo attrito terreno rinforzo	

**Combinazione 3 (a2-M2 sisma)**
**Posizione rinforzi**

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lungh ezza ripiegat ura (m)	Lungh ezza facciat a (Lf) (m)	Lungh ezza cuneo (Lr) (m)	Lungh ezza efficac e (Le) (m)	Lungh ezza totale (Lt) (m)	Interas se (m)	Fattore sicurez za sfilame nto	Tensio ne rinforzo (kg/m <sup>2</sup> )	Fattore sicurez za rottura
1	0.02	0.05	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.03	4.97	5	0	30.99	--	23.32
2	0.26	0.7	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.39	4.61	5	0	28.95	--	9.46
3	0.49	1.35	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.75	4.25	5	0	26.97	--	5.93
4	0.73	2.0	(9) GEOG	0.5	0.1	1.11	3.89	5	0	25.06	--	4.32

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>			
		<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

			RIGLIA										
5	0.97	2.65	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.47	3.53	5	0	23.27	--	3.4	
6	1.21	3.3	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.83	3.17	5	0	21.77	--	2.81	
7	1.45	3.95	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.19	2.81	5	0	21.02	--	2.39	
8	1.69	4.6	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.55	2.45	5	0	24.31	--	2.08	

### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (6.8/0.0)$  m

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (6.8/5.1)$  m

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0.0/0.0)$  m

#### Discretizzazione terreno

- Qi      Quota iniziale strato;
- Qf      Quota finale strato
- Gamma    Peso unità di volume (Kg/m<sup>3</sup>);
- Eps      Inclinazione dello strato (°);
- Fi      Angolo di resistenza a taglio;
- Delta    Angolo di attrito terra muro (°);
- c      Coesione (kg/m<sup>2</sup>);
- β      Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
5.05	0.0	1900.0	0.0	38.0	0.0	0.0	19.94

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

$\mu$	Ka	Kd	Dk
70.06	0.12	0.2	0.07

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (Kg);
Fy	Forza in direzione y (Kg);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	2820.99	-1023.2	5.98	5.98
Spinta incremento sismico	1687.65	-612.13	5.98	1.68
Spinta statica sovraccarico	0.0	0.0	5.98	5.98
Spinta incr. sismico sovraccarico	0.0	5982.48	0.0	2.53
Peso muro	6931.17	50592.49	5.98	5.98

Momento stabilizzante 163699.3 Kgm

Momento ribaltante 25080.08 Kgm

### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	11439.81 Kg
Sommatoria forze verticali	48957.17 Kg
Coefficiente di attrito	0.78
Adesione	0.0 kg/m <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	356.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	49635.91 Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	7996.87 Kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>4.85</b>

### Traslazione verificata $Csd > 1$

### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante 163699.3 Kgm

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Momento ribaltante 25080.08 Kgm

**Coeff. sicurezza ribaltamento C<sub>sv</sub> 6.53**

**Muro verificato a ribaltamento C<sub>sv</sub>>1**

**Carico limite - Metodo di Vesic (1973)**

Somma forze in direzione x	11439.81 Kg
Somma forze in direzione y (F <sub>y</sub> )	48957.17 Kg
Somma momenti	-138619.2 Kgm
Larghezza fondazione	5.02 m
Lunghezza	1.0 m
Eccentricità su B	0.32 m
Peso unità di volume	1900.0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	38.0 °
Coesione	0.0 kg/m <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	1.0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900.0 Kg/m <sup>3</sup>
N <sub>q</sub>	48.93
N <sub>c</sub>	61.35
N <sub>g</sub>	78.02
s <sub>q</sub>	1.18
s <sub>c</sub>	1.18
s <sub>g</sub>	0.91
i <sub>q</sub>	0.73
i <sub>c</sub>	0.72
i <sub>g</sub>	0.56
Carico limite verticale (Q <sub>lim</sub> )	1069540.0 Kg
<b>Fattore sicurezza (C<sub>sq</sub>=Q<sub>lim</sub>/F<sub>y</sub>)</b>	<b>21.85</b>

**Carico limite verificato C<sub>sq</sub>>1**

**Tensioni sul terreno**

Ascissa centro sollecitazione	2.83 m
Larghezza della fondazione	5.02 m

x = 0.0 Tensione... 5996.59 kg/m<sup>2</sup>

x = 5.02 Tensione... 13514.8 kg/m<sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Combinazione 1(A1+M1)

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lungh ezza ripiegat ura (m)	Lungh ezza facciat a (Lf) (m)	Lungh ezza cuneo (Lr) (m)	Lungh ezza efficac e (Le) (m)	Lungh ezza totale (Lt) (m)	Interas se (m)	Fattore sicurez za sfilame nto	Tensio ne rinforzo (kg/m <sup>2</sup> )	Fattore sicurez za rottura
1	0.02	0.05	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.02	4.98	5	0	45.76	--	31.64
2	0.26	0.7	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.34	4.66	5	0	44.19	--	12.21
3	0.49	1.35	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.66	4.34	5	0	42.95	--	7.58
4	0.73	2.0	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.98	4.02	5	0	42.25	--	5.51
5	0.97	2.65	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.29	3.71	5	0	42.53	--	4.33
6	1.21	3.3	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.61	3.39	5	0	44.88	--	3.58
7	1.45	3.95	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.93	3.07	5	0	53.08	--	3.05
8	1.69	4.6	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.24	2.76	5	0	94.86	--	2.66

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (6.8/0.0)$  m

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (6.8/5.1)$  m

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0.0/0.0)$  m

#### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/m <sup>2</sup> );
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
5.05	0.0	1900.0	0.0	38.0	0.0	0.0	19.94

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
70.06	0.12	0.2	0.07

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (Kg);
Fy	Forza in direzione y (Kg);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Peso unità di volume	1900.0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	38.0 °
Coesione	0.0 kg/m <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	1.0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900.0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	48.93
Nc	61.35
Ng	78.02
sq	1.22
sc	1.23
sg	0.88
iq	0.93
ic	0.93
ig	0.88
Carico limite verticale (Qlim)	1063962.0 Kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>16.51</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

#### **Tensioni sul terreno**

---

Ascissa centro sollecitazione	3.28 m
Larghezza della fondazione	5.02 m
x = 0.0	Tensione... 998.45 kg/m <sup>2</sup>
x = 5.02	Tensione... 24683.5 kg/m <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Combinazione 2(A2+M2)

Posizione rinforzi

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lungh ezza ripiegat ura (m)	Lungh ezza facciat a (Lf) (m)	Lungh ezza cuneo (Lr) (m)	Lungh ezza efficac e (Le) (m)	Lungh ezza totale (Lt) (m)	Interas se (m)	Fattore sicurez za sfilame nto	Tensio ne rinforzo (kg/m <sup>2</sup> )	Fattore sicurez za rottura
1	0.02	0.05	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.03	4.97	5	0	45.1	--	31.62
2	0.26	0.7	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.39	4.61	5	0	43	--	12.3
3	0.49	1.35	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.75	4.25	5	0	41.15	--	7.65
4	0.73	2.0	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.11	3.89	5	0	39.72	--	5.56
5	0.97	2.65	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.47	3.53	5	0	39.05	--	4.37
6	1.21	3.3	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.83	3.17	5	0	39.96	--	3.61
7	1.45	3.95	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.19	2.81	5	0	45.29	--	3.07
8	1.69	4.6	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.55	2.45	5	0	75.74	--	2.68

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (6.8/0.0)$  m

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (6.8/5.1)$  m

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0.0/0.0)$  m

#### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/m <sup>2</sup> );
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
5.05	0.0	1900.0	0.0	38.0	0.0	0.0	19.94

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
70.06	0.12	0.2	0.07

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (Kg);
Fy	Forza in direzione y (Kg);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	2820.99	-1023.2	5.98	5.98
Spinta incremento sismico	1687.65	-612.13	5.98	1.68
Spinta statica sovraccarico	0.0	0.0	5.98	5.98
Spinta incr. sismico sovraccarico	0.0	5982.48	0.0	2.53
Peso muro	0.0	50592.49	5.98	5.98

Momento stabilizzante 167361.3 Kgm  
Momento ribaltante 4748.66 Kgm

#### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 2820.99 Kg  
Sommatoria forze verticali 49569.29 Kg  
Coefficiente di attrito 0.78  
Adesione 0.0 kg/m<sup>2</sup>  
Angolo piano di scorrimento 356.0 °  
Forze normali al piano di scorrimento 49645.32 Kg  
Forze parall. al piano di scorrimento -643.66 Kg  
**Coeff. sicurezza traslazione Csd 60.26**

**Traslazione verificata Csd>1**

#### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante 167361.3 Kgm  
Momento ribaltante 4748.66 Kgm  
**Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 35.24**

**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

#### Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x 2820.99 Kg  
Somma forze in direzione y (Fy) 49569.29 Kg  
Somma momenti -162612.6 Kgm  
Larghezza fondazione 5.02 m  
Lunghezza 1.0 m  
Eccentricità su B 0.77 m

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Peso unità di volume	1900.0 Kg/m <sup>3</sup>
Angolo di resistenza al taglio	38.0 °
Coesione	0.0 kg/m <sup>2</sup>
Terreno sulla fondazione	1.0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900.0 Kg/m <sup>3</sup>
Nq	48.93
Nc	61.35
Ng	78.02
sq	1.22
sc	1.23
sg	0.88
iq	0.93
ic	0.93
ig	0.88
Carico limite verticale (Qlim)	1063962.0 Kg
<b>Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)</b>	<b>21.46</b>
<b>Carico limite verificato Csq&gt;1</b>	

#### **Tensioni sul terreno**

---

Ascissa centro sollecitazione	3.28 m
Larghezza della fondazione	5.02 m

x = 0.0	Tensione... 768.04 kg/m <sup>2</sup>
x = 5.02	Tensione... 18987.31 kg/m <sup>2</sup>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 9.2 VERIFICA GLOBALE

Le verifiche di stabilità sono state effettuate tenendo in conto le seguenti combinazioni:

- A1-M1, le azioni vengono amplificate in accordo alla tabella 6.2.I del codice normativo vigente, e le caratteristiche del terreno rimangono inalterate (tabella 6.2.II)
- A2-M2 statica, le azioni permanenti agiscono con il valore caratteristico, mentre quelle variabili sono amplificate (tabella 6.2.I), le caratteristiche del terreno sono decurtate (tabella 6.2.II)
- A2-M2 sismica, le azioni permanenti agiscono con il valore caratteristico, mentre quelle variabili agiscono con un coefficiente di partecipazione inferiore all'unità (tabella 2.5.I), le caratteristiche del terreno sono decurtate (tabella 6.2.II). Il sisma agisce con coefficiente unitario. Per quanto riguarda la componente verticale sono stati considerati entrambi i versi. Si riporta l'analisi solo per il verso che ha determinato risultati più critici.

### 9.2.1 A1-M1

#### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

=====	
Lat./Long.	38.228192/15.646789
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-7.83 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	20.55 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8.68 m
Ordinata vertice destro superiore ys	39.84 m

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Passo di ricerca 10.0  
Numero di celle lungo x 10.0  
Numero di celle lungo y 10.0

#### Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	10.0
2	10.0	10.0
3	11.8	14.8
4	22.5	14.8
5	50.0	14.8

#### Vertici strato .....1

N	X m	y m
1	0.0	10.0
2	15.0	10.0
3	17.0	14.8
4	50.0	14.8

#### Vertici strato .....2

N	X m	y m
1	0.0	10.0
2	14.72	10.0
3	17.0	10.0
4	17.05	10.0
5	50.0	10.0

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0

### Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/m <sup>2</sup> )	cu (kg/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0	0	38	2000	2100	0.00	Terreno rinforzo	
2	0	0	38	1900	2000	0.00	Terreno riempimento	
3	0	0	38	1900	2000	0.00	Terreno fondazione	

### Terra rinforzata

No	X (m)	Y (m)	Stato	Tipologia
1	10.09596	10.03225	Attivato	

### Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/m <sup>2</sup> )
1	14.02	14.8	24.02	14.8	3000

### Risultati analisi pendio

```

=====
Fs minimo individuato                2.14
Ascissa centro superficie             8.68 m
Ordinata centro superficie            20.55 m
Raggio superficie                     12.49 m
=====

```

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0

**Analisi dei conci. Superficie...xc = 8.682 yc = 20.553 Rc = 12.49 Fs=2.1433**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/m²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.78	-27.7	2.01	1730.87	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	2419.1	881.8
2	1.78	-18.8	1.88	4301.53	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	5188.7	1891.4
3	1.78	-10.4	1.81	5857.86	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	6380.0	2325.6
4	1.78	-2.1	1.78	6512.4	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	6606.4	2408.2
5	1.78	6.1	1.79	6307.39	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	6106.7	2226.0
6	0.92	12.3	0.94	9427.21	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	8938.2	2325.8
7	2.64	20.9	2.82	32207.22	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	30263.4	11031.7
8	1.78	32.3	2.1	22328.84	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	21466.4	7825.0
9	1.78	42.6	2.42	17050.85	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	17353.9	6325.9
10	1.78	55.4	3.13	9955.04	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	11467.9	4180.3

### VERIFICHE INTERNE

Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1/10	8.68/22.48/14.66	2.383	Compound
0*2	2/10	8.68/20.55/12.49	2.143	Compound
0*3	3/10	8.68/20.55/11.99	2.288	Compound
0*4	4/10	8.68/26.34/17	2.42	Compound
0*5	5/10	8.68/32.13/22.43	2.792	Compound
0*6	6/10	8.68/26.34/16.56	3.071	Compound
0*7	7/10	8.68/28.27/18.35	3.297	Compound
0*8	8/10	8.68/28.27/18.35	3.297	Compound
0*9	9/10	8.68/28.27/18.35	3.297	Compound
0*10	10/10	4.55/38.88/29.39	4.601	Compound
1*1	10.11/10.08	8.68/28.27/18.24	2.551	Tieback
1*2	10.35/10.73	8.68/30.2/19.54	2.895	Tieback
1*3	10.59/11.38	8.68/32.13/20.83	3.44	Tieback

MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI  
CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE

*Codice documento*

CG0700PRXDCCD1CVA000000F0

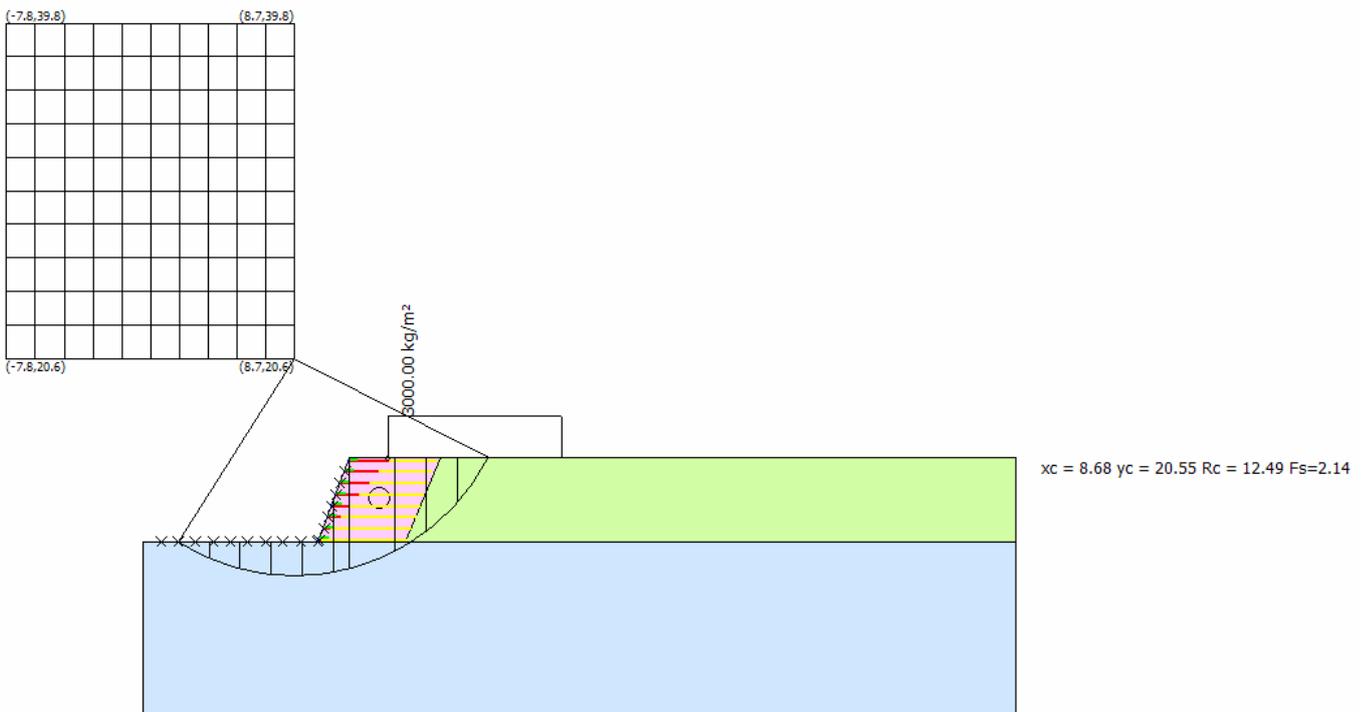
*Rev*

F0

*Data*

20/06/2011

1*4	10.83/12.03	8.68/34.05/22.13	4.438	Tieback
1*5	11.07/12.68	8.68/35.98/23.42	7.543	Tieback
1*6	11.3/13.33	7.86/29.23/16.27	20	Tieback
1*7	11.54/13.98	8.68/37.91/24.1	20	Tieback



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0

## 9.2.2 A2-M2

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.74
Ascissa centro superficie	8.68 m
Ordinata centro superficie	20.55 m
Raggio superficie	12.49 m

### Analisi dei conci. Superficie...xc = 8.682 yc = 20.553 Rc = 12.49 Fs=1.7444

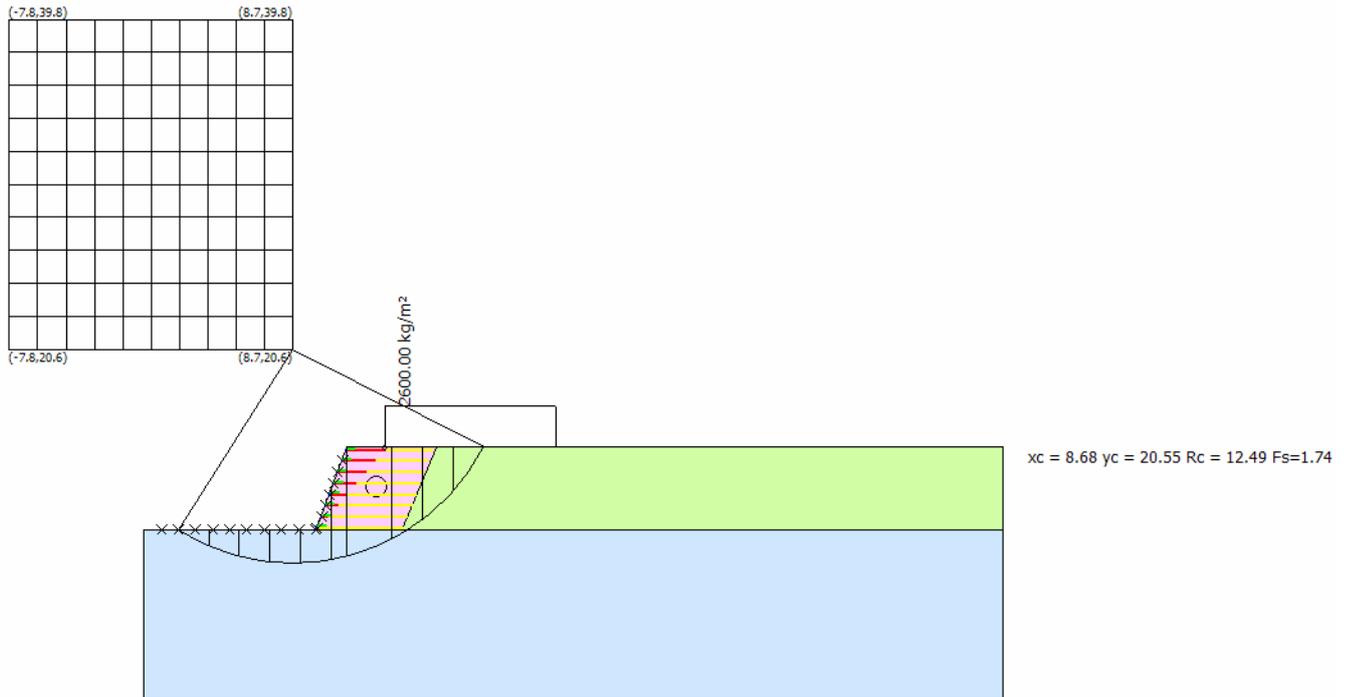
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/m²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.78	-27.7	2.01	1730.87	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	2409.4	863.3
2	1.78	-18.8	1.88	4301.53	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	5176.2	1854.6
3	1.78	-10.4	1.81	5857.86	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	6372.2	2283.2
4	1.78	-2.1	1.78	6512.4	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	6604.9	2366.5
5	1.78	6.1	1.79	6307.39	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	6110.6	2189.4
6	0.92	12.3	0.94	9427.21	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	8949.4	3206.6
7	2.64	20.9	2.82	32040.02	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	30169.4	10809.7
8	1.78	32.3	2.1	21618.09	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	20849.7	7470.5
9	1.78	42.6	2.42	16340.1	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	16702.1	5984.4
10	1.78	55.4	3.13	9284.3	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	10758.7	3854.8

### VERIFICHE INTERNE

#### Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1/10	8.68/22.48/14.66	1.942	Compound
0*2	2/10	8.68/20.55/12.49	1.744	Compound
0*3	3/10	8.68/20.55/11.99	1.871	Compound
0*4	4/10	8.68/26.34/17	1.98	Compound
0*5	5/10	8.68/32.13/22.43	2.285	Compound
0*6	6/10	8.68/35.98/26.12	2.55	Compound
0*7	7/10	8.68/28.27/18.35	2.746	Compound

0*8	8/10	8.68/28.27/18.35	2.746	Compound
0*9	9/10	8.68/28.27/18.35	2.746	Compound
0*10	10/10	4.55/38.88/29.39	3.935	Compound
1*1	10.11/10.08	8.68/28.27/18.24	2.091	Tieback
1*2	10.35/10.73	8.68/30.2/19.54	2.386	Tieback
1*3	10.59/11.38	8.68/32.13/20.83	2.863	Tieback
1*4	10.83/12.03	8.68/34.05/22.13	3.772	Tieback
1*5	11.07/12.68	8.68/35.98/23.42	6.937	Tieback
1*6	11.3/13.33	7.86/29.23/16.27	20	Tieback
1*7	11.54/13.98	8.68/37.91/24.1	20	Tieback



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.2.3 A2-M2 sisma

#### Coefficienti sismici [N.T.C.]

##### Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

##### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120.0	1.3	2.33	0.32
S.L.D.	201.0	1.69	2.36	0.34
S.L.V.	1898.0	4.34	2.49	0.42
S.L.C.	2475.0	4.82	2.5	0.44

#### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Opere di sostegno
--------	-------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.56	0.24	0.0382	0.0191
S.L.D.	2.028	0.24	0.0496	0.0248
S.L.V.	4.34	1.0	0.4426	0.2213
S.L.C.	4.82	1.0	0.4915	0.2458

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.137
Coefficiente azione sismica verticale	0.222

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	0.0	10.0
2	10.0	10.0
3	11.8	14.8
4	22.5	14.8
5	50.0	14.8

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	0.0	10.0
2	15.0	10.0
3	17.0	14.8
4	50.0	14.8

**Vertici strato .....2**

N	X m	y m
1	0.0	10.0
2	14.72	10.0
3	17.0	10.0
4	17.05	10.0
5	50.0	10.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coazione efficace	1.25
Coazione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

=====

**Stratigrafia**

c: coazione; cu: coazione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0

Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/m <sup>2</sup> )	cu (kg/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
1	0	0	38	2000	2100	0.00	Terreno rinforzo	
2	0	0	38	1900	2000	0.00	Terreno riempimento	
3	0	0	38	1900	2000	0.00	Terreno fondazione	

#### Terra rinforzata

No	X (m)	Y (m)	Stato	Tipologia
1	10.09596	10.03225	Attivato	

#### Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/m <sup>2</sup> )
1	14.02	14.8	24.02	14.8	600

#### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2 sisma]

```

=====
Fs minimo individuato           1.14
Ascissa centro superficie       8.68 m
Ordinata centro superficie     20.55 m
Raggio superficie              12.49 m
=====

```

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</b>		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVA000000F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

**Analisi dei conci. Superficie...xc = 8.682 yc = 20.553 Rc = 12.49 Fs=1.1367**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.78	-27.7	2.01	1730.87	237.13	384.25	0.0	32.0	0.0	2750.71512.6	
2	1.78	-18.8	1.88	4301.53	589.31	954.94	0.0	32.0	0.0	5591.93074.9	
3	1.78	-10.4	1.81	5857.86	802.53	1300.45	0.0	32.0	0.0	6620.23640.3	
4	1.78	-2.1	1.78	6512.4	892.21	1445.75	0.0	32.0	0.0	6652.93658.3	
5	1.78	6.1	1.79	6307.39	864.11	1400.24	0.0	32.0	0.0	5993.23295.6	
6	0.92	12.3	0.94	9427.21	1291.53	2092.84	0.0	32.0	0.0	8615.54737.5	
7	2.64	20.9	2.82	31203.99	4274.95	6927.29	0.0	32.0	0.0	27601.915177.7	
8	1.78	32.3	2.1	18064.38	2474.82	4010.29	0.0	32.0	0.0	15858.08720.0	
9	1.78	42.6	2.42	12786.38	1751.73	2838.58	0.0	32.0	0.0	11539.06345.1	
10	1.78	55.4	3.13	5930.58	812.49	1316.59	0.0	32.0	0.0	5810.83195.2	

### VERIFICHE INTERNE

Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1/10	8.68/24.41/16.33	1.246	Compound
0*2	2/10	8.68/20.55/12.49	1.137	Compound
0*3	3/10	8.68/20.55/11.99	1.183	Compound
0*4	4/10	8.68/26.34/17	1.214	Compound
0*5	5/10	8.68/32.13/22.43	1.355	Compound
0*6	6/10	8.68/35.98/26.12	1.472	Compound
0*7	7/10	8.68/39.84/29.89	1.534	Compound
0*8	8/10	8.68/39.84/29.89	1.534	Compound
0*9	9/10	8.68/39.84/29.89	1.534	Compound
0*10	10/10	4.55/38.88/29.39	2.009	Compound
1*1	10.11/10.08	8.68/28.27/18.24	1.264	Tieback
1*2	10.35/10.73	8.68/30.2/19.54	1.421	Tieback

**MURO IN T.R. – RELAZIONE SISMICA, DI  
CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE**

*Codice documento*

CG0700PRXDCCD1CVA000000F0

*Rev*

F0

*Data*

20/06/2011

1*3	10.59/11.38	8.68/32.13/20.83	1.664	Tieback
1*4	10.83/12.03	8.68/34.05/22.13	2.111	Tieback
1*5	11.07/12.68	8.68/35.98/23.42	3.524	Tieback
1*6	11.3/13.33	7.86/29.23/16.27	20	Tieback
1*7	11.54/13.98	8.68/37.91/24.1	20	Tieback

