



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 – RAMPA 1</p> <p>MURO IN T.R. IN SX DA PK 0+58.40 A PK 0+120.80 – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>CD0322_F0</p> </div>
---	---	---

CODICE	C G 0 7 0 0	P	R X	D	C	C D	1 C	V A	E 0	0 0	0 0	0 3	F 0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

INDICE

1.	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
2.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	5
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI	5
4.	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE.....	5
4.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	7
5.	CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO.....	13
5.1.1	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	13
5.1.2	PARAMENTRI 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	21
5.1.4.2	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	21
5.2	SPECIFICHE TECNICHE MURI IN T.R.....	22
6.	FASI COSTRUTTIVE	23
7.	ANALISI DEI CARICHI	23
8.	MODELLI DI CALCOLO	23
8.1	PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATO	23
8.2	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON COULOMB	23
8.3	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA CON MONONOBE & OKABE	24
8.4	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI	26
8.5	ANALISI DI STABILITÀ INTERNA DEI MURI IN T.R.....	28
8.6	FORZE DI TRAZIONE NEI RINFORZI DEI MURI IN T.R.	29
8.7	CALCOLO DELLE LUNGHEZZE EFFICACI.....	30
9.	RISULTATI DI CALCOLO	31
9.1	VERIFICA INTERNA.....	31
9.2	VERIFICA GLOBALE.....	47
9.2.1	A1-M1.....	47
9.2.2	A2-M2.....	51
9.2.3	A2-M2-SISMA	55

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<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”;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<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 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-“Strenghtened/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.

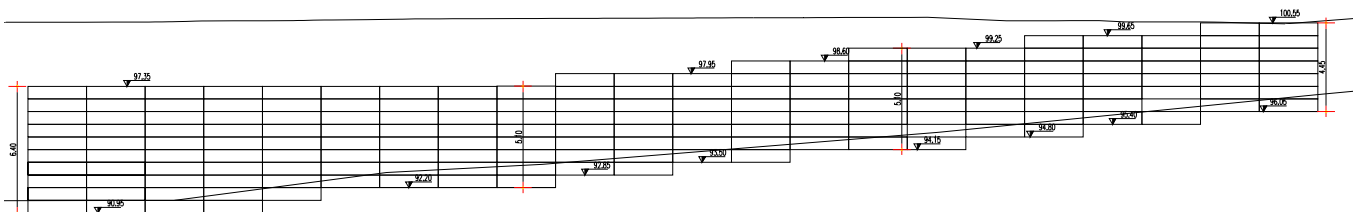
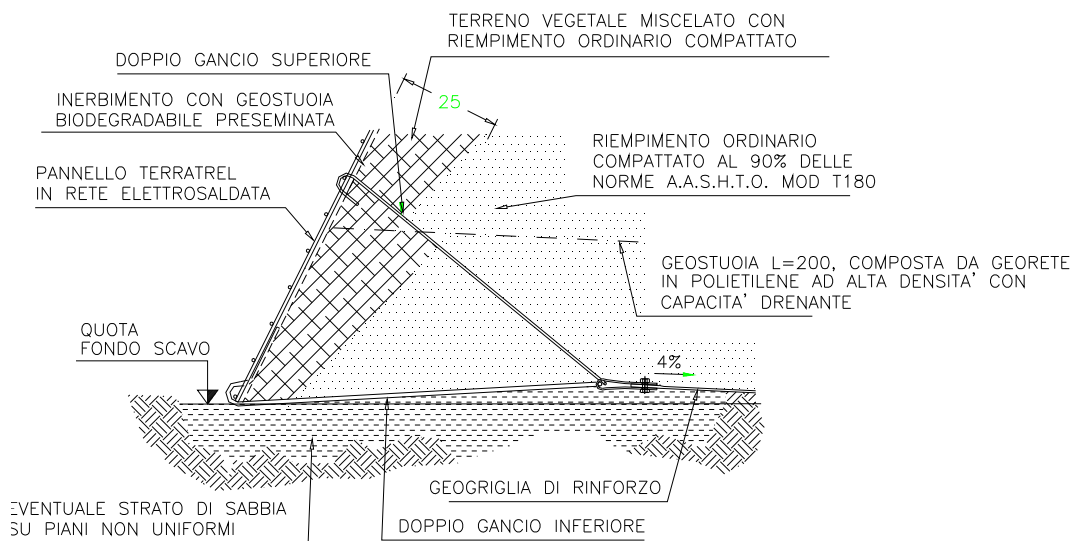
4. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'opera ha altezza variabile compresa tra 4.45 m e 6.40m. La lunghezza dei rinforzi è pari a 7.00 m. Lo sviluppo complessivo dell'opera è pari a 64.90 m.

Con riferimento alla rampa 1, l'opera in oggetto rappresenta il muro di sostegno del rilevato sul quale è prevista la realizzazione del parcheggio esterno del Centro di Monitoraggio. L'opera

risvolta sull'asse 1-2, fino a ripiegare sul muro di sostegno in c.a. di prolungamento in sx della galleria artificiale nel tratto compreso tra la pk. 0+384.10 e la pk. 0+402.30.

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 elettrosaldato con ferri del diametro di 8 mm a passo variabile.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

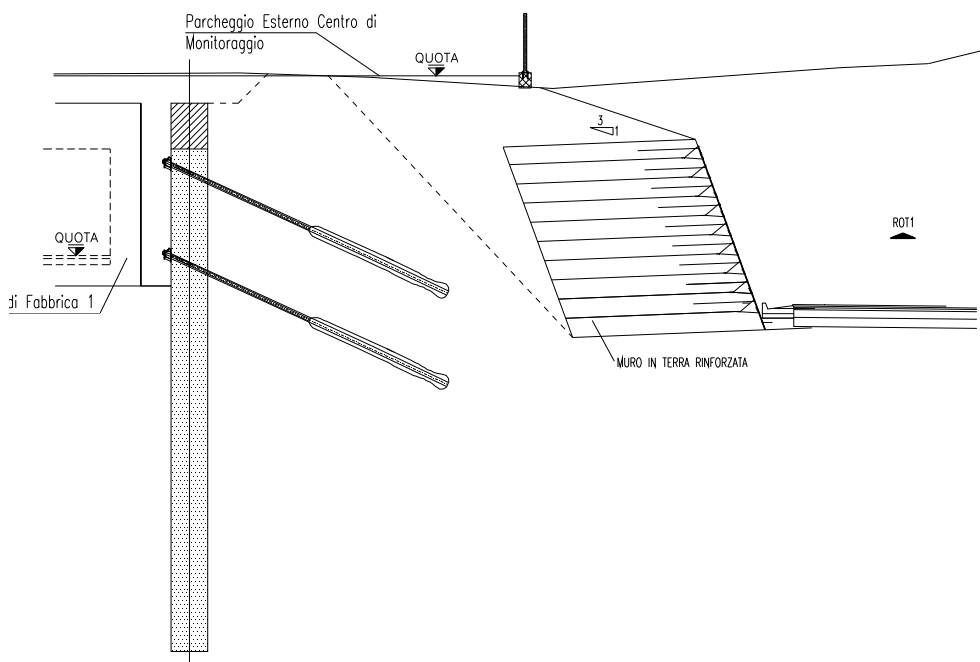


Figura 4.2: Sezione tipo

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

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

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

Codice documento

CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

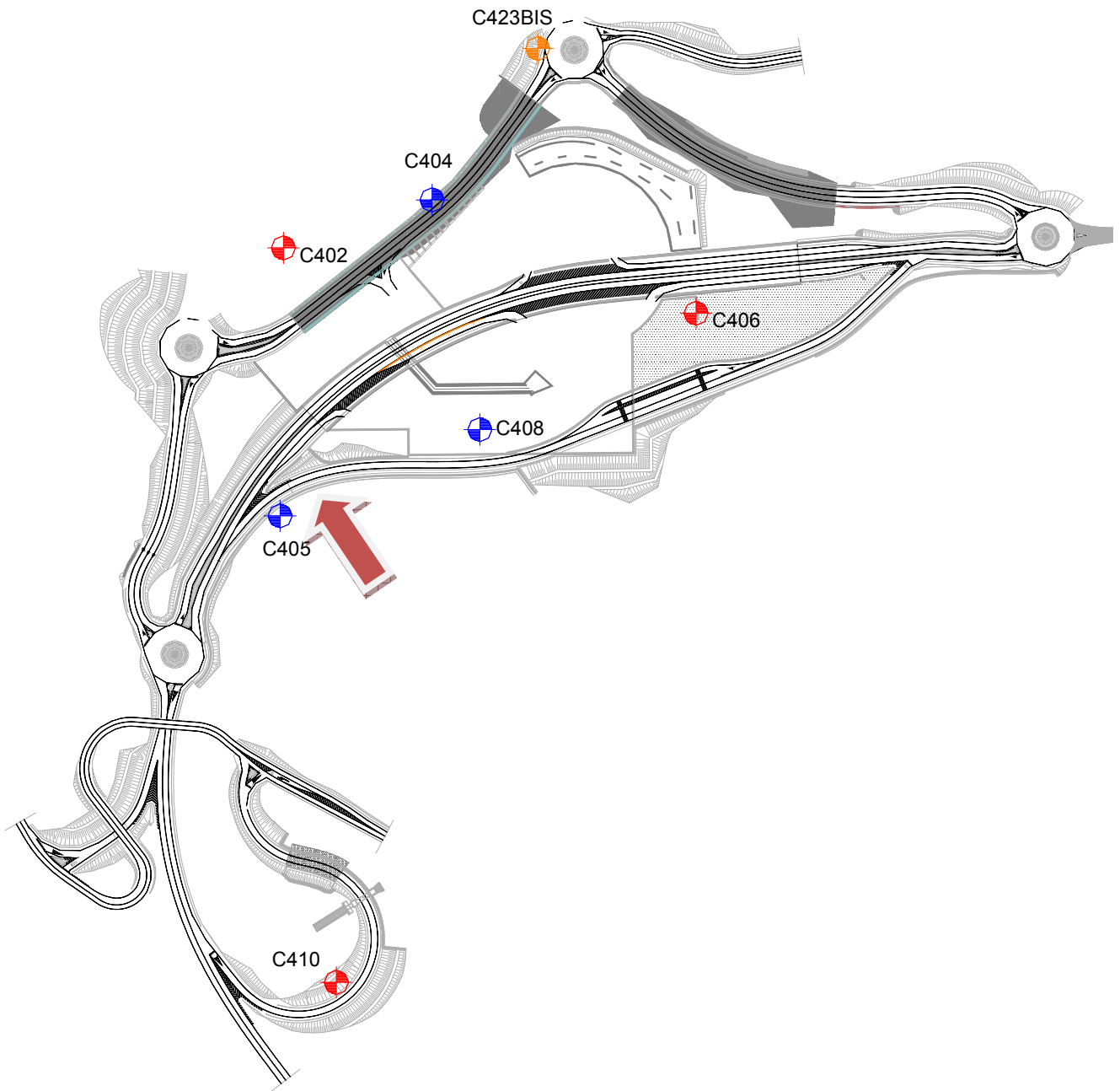


Fig. 4.3 – Stralcio planimetrico con ubicazione delle opere e dei sondaggi

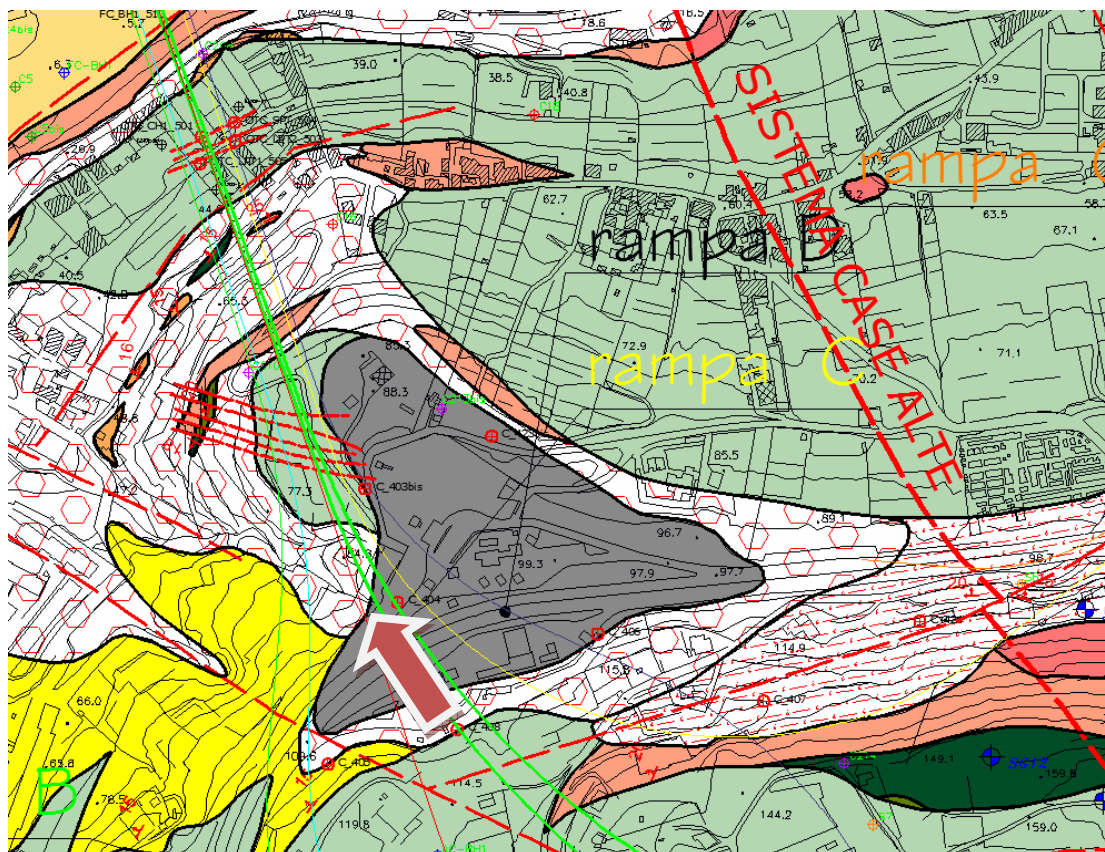


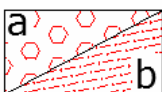
Figura 4.4: Stralcio della carta geologica con ubicazione della struttura

Ghiaie e sabbie di Messina.



Sabbie e ghiaie grigio giallastre, con abbondante matrice. I clasti sono da subarrotondati ad appiattiti, spesso embriicati. 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)

Conglomerato di Pezzo.



Conglomerato a matrice arenacea, da scarsamente a ben cementato, a stratificazione poco distinta, con passaggi laterali a livelli arenacei e sabbie grossolane. Gli elementi costituenti sono esclusivamente di natura cristallino-metamorfica. (TORTONIANO SUPERIORE)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

4.1.1.1.1 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.

γ (kN/m ³)	18-20
c'_{picco} (kPa)	0-10
φ'_{picco} (°)	38° ÷ 40° ($p'_{\text{ff}}=0-272\text{KPa}$) / 35° ÷ 38° ($p'_{\text{ff}}=272-350\text{KPa}$)
c_{residuo} (kPa)	0
φ_{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	$E_o = 4300 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.65}$
$E' *$	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.7}$
ν'	0.2
K (m/s)	$10^{-4} - 10^{-5}$

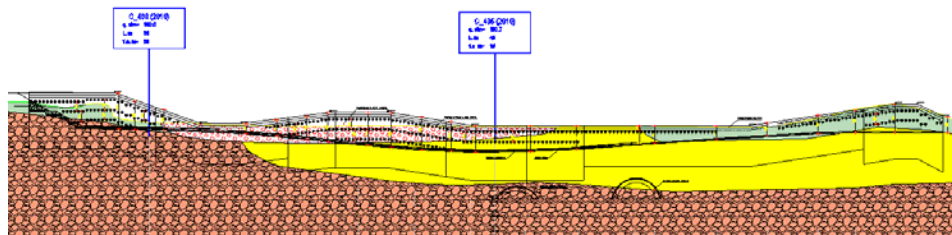


Figura 4.4: Profilo geotecnico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Riporto antropico.
(ATTUALE)



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)



Conglomerato di Pezzo.

Conglomerato a matrice arenacea, da scarsamente a ben cementato, a stratificazione poco distinta, con passaggi laterali a livelli arenacei e sabbie grossolane. Gli elementi costituenti sono esclusivamente di natura cristallino-metamorfica.
(TORTONIANO SUPERIORE)

Per la litostratigrafia si è fatto riferimento al profilo geotecnico dell'asse 1-2. 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 $\delta p/\varphi'$
Calcestruzzo gettato in opera	2/3	2/3
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

Latitudine	38,22715
Longitudine	15,645979

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":

Tipo di costruzione	3
Vita nominale (V_N)	100 anni
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso (C_U)	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 PARAMENTRI 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:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

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 $V_{s,30}$ 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 $V_{s,30}$ compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina</i>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

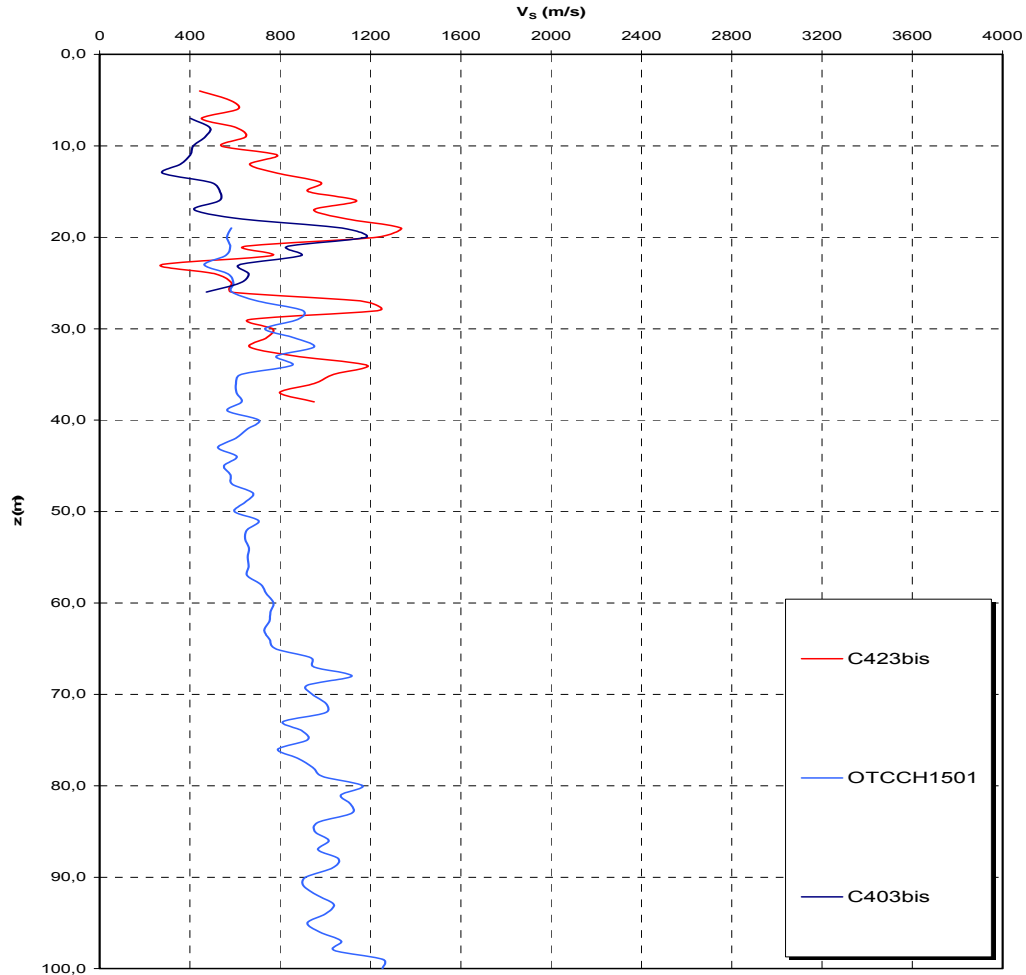
	<i>scarsa-mente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Con riferimento alla situazione più sfavorevole, in terrapieno di monte presenta uno spessore medio di circa 6.50 m costituito da Depositi di versante, sovrastante uno spessore medio di 15.00 costituito dalla formazione delle Sabbie e Ghiaie di Messina. Il substrato è costituito dal Conglomerato di Pezzo, esteso fino alle massime profondità indagate. I tratti infissi delle paratie interessano il substrato solo fra le sezioni 8 e 11, per profondità variabili tra 8.00 m e 11.00 m.

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).

Per la caratterizzazione sismica del suolo nella zona in esame si dispone delle prove sismiche relative ai sondaggi **C403bis C423bis**.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Andamento delle Vs nelle verticali indagate

Inoltre, è stato stimato il valore di $N_{spt,30}$ a partire dai dati delle prove penetrometriche in foro effettuate nel sondaggio **C405**, ritenuto significativo per l'opera in esame, per uno spessore di 30.00 m valutato, trattandosi opere di sostegno di terreni naturali, dalla testa dell'opera.

□ □

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

NSPT = Valore di N_{spt} i-esimo

M = Numero di strati

Paratia in dx da pk 0+9.95 (Asse Rot 2) a pk 193.45 (Asse Rampa 1) e
Muro in TR da pk 0+58.40 a pk 120.80

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

C405

Strato	Litotipo	hi [m]	N _{SPT}	Z	h _i /N _{spt,i}	
h ₁	Sabbia con ghiaia	5.15	78	5.15	0.066	
h ₂	Gh. Sabb. Con Ciott.	9.65	87	14.80	0.111	
h ₃	Sabbie fini con ciottoli	5.5	72	20.30	0.076	
h ₄	Sabbia da granito alterato	9.7	100	24.85	0.097	
h _{totale}		30		Σ hi/N _{spt,i}	0.350	
N_{spt,30} =		30	/	0.350	=	85.63
B						

Sulla base dei valori sopra riportati, si ritiene che il sottosuolo di progetto rientri nella **Categoria B**.
Si riporta di seguito la colonna stratigrafica del sondaggio di riferimento C405, dal quale si evince l'assenza di falda.

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

Codice documento

CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

Comittente Eurolink S.p.a.		Profondità raggiunta 45,0 m		Quota Ass. P.C.		Certificato n°		Pagina 1/3				
Coordinatore Dott. Geol. Filippo Carmeni		Ubicazione						Inizio/Fine Esecuzione 06/05/2010-13/05/2010				
Responsabile Dott. Geol. Salvatore Gloria		Sondaggio C 405		Tipo Carotaggio Carotaggio Continuo		Tipo Sonda EGT 730		Coordinate X Y				
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T.	Podat Test kg/cmq	Campioni	Falda	R.Q.D. %	Prova Percuss.	Prova Dilatometr.	Piezometro
0		Terreno vegetale di colore bruno;	0,30									
1		Materiale di riporto, con ghiaie di varia pezzatura, angolari/sub-angolari ;	1,50		n° 18;25;32 1.50 PA							
2		Sabbie e ghiaie di colore giallastro, angolari ;			n° 6;38;R 3.00 PA							
3		Trovante compatto di colore chiaro (quarzo e plagioclasti) tra 3,60-3,65	3,65									
4		Ghiaie fini in matrice sabbiosa di colore bruno, le ghiaie hanno forma che varia da angolare ad arrotondata;			n° 25;26;49 6.00 PA							
5												
6												
7												
8												
9												
10			10,80									
11		Ghiaie fini con sabbie medie giallastre;			n° R 9.00 PA							
12												
13												
14			14,80									
15		Sabbie fini debolmente limose, con qualche elemento litoido;			n° 21;34;39 14.00 PA							
16												
17										17.00		
18												
19												
20			20,00		n° 18;32;39 19.00 PA							
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

Campioni: CH-Dispositivo Nonnavigante, CH-Campione Individuale
 Mezzi: n° 17A-54 e 47A, CH-Dispositivo
 Prove S.P.T.: PR-Fuori Area, PR-Fuori Chiesa
 Carotaggio: Carotaggio Continuo

Responsabile Coordinatore

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

Codice documento

CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0

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)	Indice	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		Sabbie medie di colore simile alle precedenti con sfumature giallo ocra;	27.30				28.25 28.50					
28												
29		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;	28.70									
30												
31												
32					m° R							
33		Sabbie medie con ciottolo granitico tra 33,90 e 34,40 e pasteggi di colore scuro;	32.50		32.40 DA		34.35 34.60				35.00	
34												
35												
36												
37		Ghiaie cementate di colore chiaro;	36.60									
38		Ghiaie cementate di colore chiaro;	37.50				38.30 38.35					
39												
40		Blocco granitico con fasce di alterazione media;	39.00 40.00								40.00	

Geologia: G=ghiaie; C=Ciottolo e Blocchi; S=Sabbie; C=Ciottolo e Blocchi
 Note: A=M-Tide Aperta; C=Ciottolo e Blocchi
 Note: P=Passaggio; F=Passaggio; C=Ciottolo e Blocchi
 Carotaggio: Carotaggio Continuo

Responsabile: Coordinatore:

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

Codice documento

CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0

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 Dott. Gen. Filippo Carmeni		Ubicazione			Inizio/Fine Esecuzione 05/05/2010-13/05/2010							
Responsabile Dott. Gen. Salvatore Gloria		Sondaggio C 405	Tipo Caricamento Caricamento Continuo		Tipo Sonda EGT 710							
Coordinate X Y												
Scala (mt)	Urtologie	Descrizione	Quota	% Caricamento	S.P.T.	Rock Test Iq/cmq	Campioni	Falce	R.Q.D. %	Prova Permeab.	Prova Gialometr.	Ricometro
40												
41	+	Limi con sabbie di colore giallastro;	40.60									
42	+	Blocco granitico a luoghi debolmente alterato;										
43	+											
44	+											
45			45.00									5.00
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												

Campioni: Campioni CP-Campione Filareggiolo, CP-Campione Filadelfo
 Pinnacolo: PPA-Solo di terra, CRO-Diargente
 Pinnacolo: PPA-Solo di terra, PPO-Punta di terra
 Caricamento: Caricamento Continuo

Responsabile Coordinatore

Sondaggio C405

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<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 $i < 15^\circ$ ").

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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.

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.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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.

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:

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

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

γ_t Peso unità di volume del terreno;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- β Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;
- ϕ Angolo di resistenza al taglio del terreno;
- δ Angolo di attrito terra-muro;
- ε 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 l'angolo ε , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ 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;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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:

$$P_q = K_A \times Q \times \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

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

γ 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 θ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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:

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

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_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:

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

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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

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

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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

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

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

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

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

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 ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre ΔX= 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 %.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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:

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

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

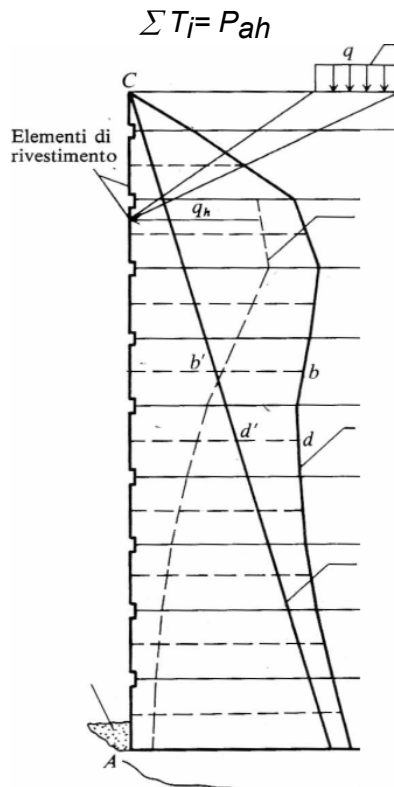


Figura 8.1: Trazione nei rinforzi

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_0 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 δ un'opportuna frazione dell'angolo d'attrito interno del terreno ϕ . Se la striscia è sufficientemente scabra $\delta = \phi$, mentre per metalli lisci δ è compreso orientativamente tra 20° e 25° .

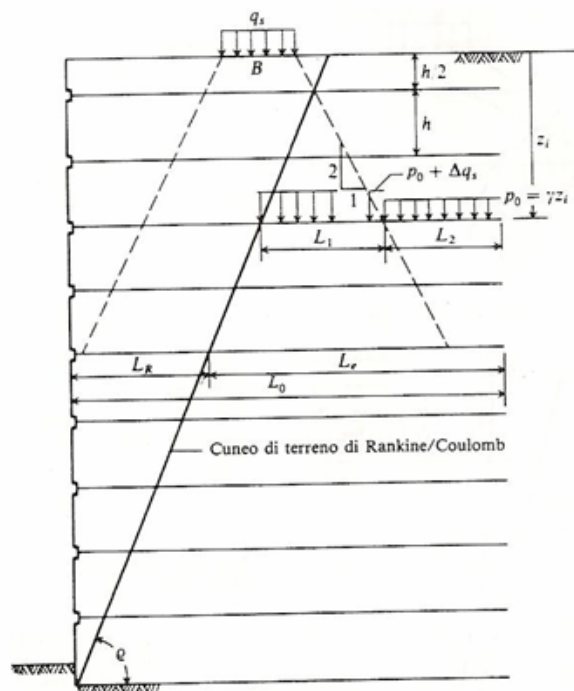


Figura 8.2: Lunghezze efficaci

Per strisce di dimensioni $b \times L_e$ o 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:

$$F_1 = 2(\gamma z_i) \tan \delta (1 \times L_e) \geq T_i$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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

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	2.35	6.4
3	15.93	10.71

Terreno rinforzo

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Terreno riempimento

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

Terreno fondazione

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

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 ²)	Fattore sicurez za rottura
1	0.02	0.05	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.02	6.98	7	0	60.51	--	4.47
2	0.26	0.7	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.34	6.66	7	0	58.39	--	3.68
3	0.5	1.35	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.66	6.34	7	0	56.32	--	3.12
4	0.73	2.0	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.98	6.02	7	0	54.32	--	2.71
5	0.97	2.65	(9) GEOG	0.5	0.1	1.29	5.71	7	0	52.4	--	2.4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO				
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE				<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

			RIGLIA										
6	1.21	3.3	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.61	5.39	7	0	50.59	--	2.15	
7	1.45	3.95	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.93	5.07	7	0	48.95	--	1.95	
8	1.69	4.6	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.24	4.76	7	0	47.52	--	1.78	
9	1.93	5.25	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.56	4.44	7	0	46.44	--	1.64	
10	2.17	5.9	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.88	4.12	7	0	45.92	--	1.52	

Elenco rinforzi

Tipo	Descrizione	Struttura (mm)	Resistenza
1	Striscia 10x5 Red	Strisce Larghezza, Spessore=10/5	200 N/mm ²
2	Barra Ø20 Green	Barre Diametro=20	250 N/mm ²
3	Tenax LBO 330	Strisce Larghezza, Spessore=10/5	0 N/mm ²
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-	Fogli	115 kN/m

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		Codice documento CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	Rev F0	Data 20/06/2011

	Geogriglie_Poliestere		
8	Striscia 50x4	Strisce Larghezza, Spessore=50/4	338 N/mm ²
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 ²)
1	Parcheggio	15.95	10.75	20	1	2000

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	Parcheggio	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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4	Spinta sismica in x	0.00
5	Spinta sismica in y	0.00
6	Resistenza sfilamento	1.00
7	Parcheggio	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	

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	Parcheggio	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 1(A1+M1)

Posizione rinforzi

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

Codice documento

CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

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 ²)	Fattore sicurez za rottura
1	0.02	0.05	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.02	6.98	7	0	60.51	--	4.47
2	0.26	0.7	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.34	6.66	7	0	58.39	--	3.68
3	0.5	1.35	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.66	6.34	7	0	56.32	--	3.12
4	0.73	2.0	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.98	6.02	7	0	54.32	--	2.71
5	0.97	2.65	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.29	5.71	7	0	52.4	--	2.4
6	1.21	3.3	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.61	5.39	7	0	50.59	--	2.15
7	1.45	3.95	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.93	5.07	7	0	48.95	--	1.95
8	1.69	4.6	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.24	4.76	7	0	47.52	--	1.78
9	1.93	5.25	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.56	4.44	7	0	46.44	--	1.64
10	2.17	5.9	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.88	4.12	7	0	45.92	--	1.52

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (10.3/0.0)$ m

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (10.3/8.9)$ 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 ³);
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/m ²);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
8.91	0.0	1900.0	6.0	38.0	0.0	0.0	20.06

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
69.94	0.13	0.21	0.08

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	9099.8	-3322.6	10.57	10.57

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Spinta incremento sismico	5727.92	-2091.43	10.57	2.97
Spinta statica sovraccarico	19157.48	-6994.94	10.57	10.57
Spinta incr. sismico sovraccarico	-7098.71	10572.13	0.0	4.46
Peso muro	0.0	107347.5	10.57	10.57

Momento stabilizzante 551406.1 Kgm

Momento ribaltante 120507.6 Kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	40565.96 Kg	
Sommatoria forze verticali	124739.9 Kg	
Coefficiente di attrito	0.78	
Adesione	0.0	kg/m ²
Angolo piano di scorrimento	356.0 °	
Forze normali al piano di scorrimento	127265.8 Kg	
Forze parall. al piano di scorrimento	31765.74 Kg	
Coeff. sicurezza traslazione Csd	3.13	

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	551406.1 Kgm
Momento ribaltante	120507.6 Kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4.58

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	40565.96 Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	124739.9 Kg
Somma momenti	-430898.5 Kgm
Larghezza fondazione	7.02 m
Lunghezza	1.0 m
Eccentricità su B	0.05 m
Peso unità di volume	1900.0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	38.0 °

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coesione	0.0 kg/m ²
Terreno sulla fondazione	1.0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900.0 Kg/m ³
Nq	48.93
Nc	61.35
Ng	78.02
sq	1.11
sc	1.12
sg	0.94
iq	0.64
ic	0.63
ig	0.43
Carico limite verticale (Qlim)	1903142.0 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	15.26

Carico limite verificato $Csq > 1$

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	3.45 m
Larghezza della fondazione	7.02 m

x = 0.0	Tensione... 18606.09 kg/m ²
x = 7.02	Tensione... 16940.65 kg/m ²

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 ²)	Fattore sicurez za rottura
1	0.02	0.05	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.03	6.97	7	0	60.04	--	4.5
2	0.26	0.7	(9) GEOG	0.5	0.1	0.39	6.61	7	0	57.49	--	3.7

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO				
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE				<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

			RIGLIA										
3	0.5	1.35	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.75	6.25	7	0	54.97	--	3.14	
4	0.73	2.0	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.11	5.89	7	0	52.49	--	2.73	
5	0.97	2.65	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.47	5.53	7	0	50.08	--	2.41	
6	1.21	3.3	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.83	5.17	7	0	47.74	--	2.16	
7	1.45	3.95	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.19	4.81	7	0	45.52	--	1.96	
8	1.69	4.6	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.55	4.45	7	0	43.44	--	1.79	
9	1.93	5.25	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.91	4.09	7	0	41.6	--	1.65	
10	2.17	5.9	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	3.27	3.73	7	0	40.15	--	1.53	

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (10.3/0.0) m

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (10.3/8.9) m

Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0) m

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
8.91	0.0	1900.0	6.0	38.0	0.0	0.0	20.06

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
69.94	0.13	0.21	0.08

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	9099.8	-3322.6	10.57	10.57
Spinta incremento sismico	5727.92	-2091.43	10.57	2.97
Spinta statica sovraccarico	19157.48	-6994.94	10.57	10.57
Spinta incr. sismico sovraccarico	-7098.71	10572.13	0.0	4.46
Peso muro	0.0	107347.5	10.57	10.57

Momento stabilizzante 412795.8 Kgm

Momento ribaltante 101015.8 Kgm

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	34004.52	Kg	
Sommatoria forze verticali	94931.45	Kg	
Coefficiente di attrito	0.78		
Adesione	0.0	kg/m ²	
Angolo piano di scorrimento	356.0	°	
Forze normali al piano di scorrimento	97072.23	Kg	
Forze parall. al piano di scorrimento	27299.62	Kg	
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2.78		

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	412795.8	Kgm
Momento ribaltante	101015.8	Kgm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4.09	

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	34004.52	Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	94931.45	Kg
Somma momenti	-311780.0	Kgm
Larghezza fondazione	7.02	m
Lunghezza	1.0	m
Eccentricità su B	0.22	m
Peso unità di volume	1900.0	Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	38.0	°
Coesione	0.0	kg/m ²
Terreno sulla fondazione	1.0	m
Peso terreno sul piano di posa	1900.0	Kg/m ³
Nq	48.93	
Nc	61.35	
Ng	78.02	
sq	1.12	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

sc	1.12
sg	0.94
iq	0.61
ic	0.6
ig	0.39
Carico limite verticale (Qlim)	1580291.0 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	16.65
Carico limite verificato Csq>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	3.28 m
Larghezza della fondazione	7.02 m

x = 0.0	Tensione...	16126.97 kg/m ²
x = 7.02	Tensione...	10925.36 kg/m ²

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 ²)	Fattore sicurez za rottura
1	0.02	0.05	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.03	6.97	7	0	42.84	--	3.46
2	0.26	0.7	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.39	6.61	7	0	40.73	--	2.84
3	0.5	1.35	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	0.75	6.25	7	0	38.62	--	2.41
4	0.73	2.0	(9) GEOG	0.5	0.1	1.11	5.89	7	0	36.51	--	2.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO				
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE				<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<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	5.53	7	0	34.42	--	1.85	
6	1.21	3.3	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	1.83	5.17	7	0	32.34	--	1.66	
7	1.45	3.95	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.19	4.81	7	0	30.29	--	1.51	
8	1.69	4.6	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.55	4.45	7	0	28.25	--	1.38	
9	1.93	5.25	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	2.91	4.09	7	0	26.26	--	1.27	
10	2.17	5.9	(9) GEOG RIGLIA	0.5	0.1	3.27	3.73	7	0	24.34	--	1.17	

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (10.3/0.0)$ m

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (10.3/8.9)$ 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^3);
- Eps Inclinazione dello strato ($^\circ$);
- Fi Angolo di resistenza a taglio;
- Delta Angolo di attrito terra muro ($^\circ$);
- c Coesione (kg/m^2);
- β Angolo perpendicolare al paramento lato monte ($^\circ$);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
8.91	0.0	1900.0	6.0	38.0	0.0	0.0	20.06

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
69.94	0.13	0.21	0.08

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	9099.8	-3322.6	10.57	10.57
Spinta incremento sismico	5727.92	-2091.43	10.57	2.97
Spinta statica sovraccarico	19157.48	-6994.94	10.57	10.57
Spinta incr. sismico sovraccarico	-7098.71	10572.13	0.0	4.46
Peso muro	14706.6	107347.5	10.57	10.57

Momento stabilizzante	497238.0 Kgm
Momento ribaltante	86271.24 Kgm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	28182.85 Kg
Sommatoria forze verticali	102426.9 Kg
Coefficiente di attrito	0.78
Adesione	0.0 kg/m ²
Angolo piano di scorrimento	356.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	104143.3 Kg

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Forze parall. al piano di scorrimento 20969.27 Kg

Coeff. sicurezza traslazione Csd 3.88

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante 497238.0 Kgm

Momento ribaltante 86271.24 Kgm

Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 5.76

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite - Metodo di Vesic (1973)

Somma forze in direzione x	28182.85 Kg
Somma forze in direzione y (Fy)	102426.9 Kg
Somma momenti	-410966.8 Kgm
Larghezza fondazione	7.02 m
Lunghezza	1.0 m
Eccentricità su B	0.5 m
Peso unità di volume	1900.0 Kg/m ³
Angolo di resistenza al taglio	38.0 °
Coesione	0.0 kg/m ²
Terreno sulla fondazione	1.0 m
Peso terreno sul piano di posa	1900.0 Kg/m ³
Nq	48.93
Nc	61.35
Ng	78.02
sq	1.13
sc	1.13
sg	0.93
iq	0.69
ic	0.69
ig	0.5
Carico limite verticale (Qlim)	1692374.0 Kg
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	16.52

Carico limite verificato Csq>1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	4.01 m
Larghezza della fondazione	7.02 m

x = 0.0	Tensione... 8317.02 kg/m ²
x = 7.02	Tensione... 20871.26 kg/m ²

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-8.56 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	25.9 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.53 m
Ordinata vertice destro superiore ys	42.58 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Vertici profilo

N	X	y	
	m	m	
1	0.0	11.0	
2	10.5	11.0	
3	12.3	16.4	
4	20.0	18.9	
5	50.0	18.9	

Vertici strato1

N	X	y	
	m	m	
1	0.0	10.0	
2	17.0	10.0	
3	20.0	18.9	
4	50.0	18.9	

Vertici strato2

N	X	y	
	m	m	
1	0.0	11.0	
2	14.72	11.0	
3	17.0	11.0	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0

4	17.05	11.0
5	50.0	11.0

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

Terra rinforzata

No	X (m)	Y (m)	Stato	Tipologia
1	10.01135	10.00806	Attivato	

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/m ²)
1	20.5	19	40.5	19	3000

Risultati analisi pendio

=====	
Fs minimo individuato	2.18
Ascissa centro superficie	7.53 m
Ordinata centro superficie	39.25 m
Raggio superficie	28.58 m
=====	

Analisi dei conci. Superficie...xc = 7.531 yc = 39.246 Rc = 28.584 Fs=2.1778

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

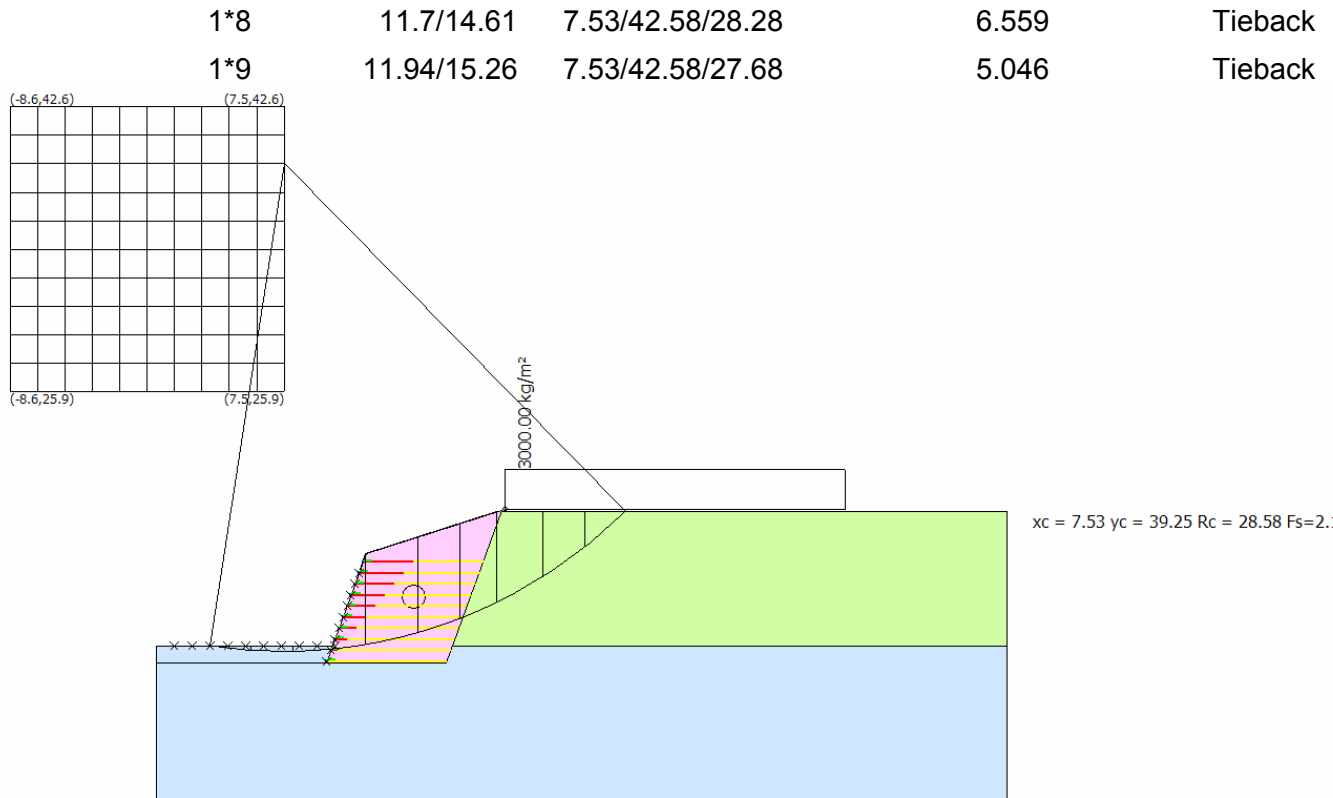
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/m²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.45	-6.3	2.46	1000.69	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	1044.8	340.7
2	2.45	-1.4	2.45	1772.51	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	1787.6	583.0
3	2.45	3.5	2.45	1569.2	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	1541.5	502.8
4	1.81	7.8	1.83	10160.68	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	9817.93	202.0
5	3.08	12.8	3.16	34065.1	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	32524.91	0607.7
6	2.45	18.5	2.58	27669.87	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	26307.08	579.8
7	2.18	23.5	2.37	23447.28	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	22391.97	302.9
8	2.72	29.0	3.1	30747.55	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	29770.69	709.4
9	2.45	35.1	2.99	21553.1	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	21429.86	989.2
10	2.45	41.4	3.26	12325.69	0.0	0.0	0.0	38.0	0.0	12757.64	160.8

VERIFICHE INTERNE

Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1.05/11	6.73/41.75/31.27	2.192	Compound
0*2	2.1/11	6.73/36.74/26.16	2.298	Compound
0*3	3.15/11	7.53/39.25/28.58	2.178	Compound
0*4	4.2/11	7.53/42.58/31.76	2.236	Compound
0*5	5.25/11	7.53/42.58/31.76	2.236	Compound
0*6	6.3/11	7.53/42.58/31.76	2.236	Compound
0*7	7.35/11	7.53/42.58/31.76	2.236	Compound
0*8	8.4/11	7.53/42.58/31.76	2.236	Compound
0*9	9.45/11	7.53/42.58/31.76	2.236	Compound
0*10	10.5/11	5.12/40.08/29.57	2.641	Compound
1*1	10.03/10.06	5.12/40.08/29.57	2.641	Tieback
1*2	10.27/10.71	5.12/40.08/29.57	2.641	Tieback
1*3	10.51/11.36	7.53/40.91/29.71	2.25	Tieback
1*4	10.75/12.01	7.53/40.91/29.08	2.422	Tieback
1*5	10.98/12.66	7.53/42.58/30.12	2.654	Tieback
1*6	11.22/13.31	7.53/42.58/29.51	3.934	Tieback
1*7	11.46/13.96	7.53/42.58/28.89	6.813	Tieback

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



9.2.2 A2-M2

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	-8.56 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	25.9 m

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

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 ²)	cu (kg/m ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		38	2000	2100	0.00	Terreno rinforzo
2	0		38	1900	2000	0.00	Terreno riempimen to
3	0		38	1900	2000	0.00	Terreno fondazion e

Terra rinforzata

No	X (m)	Y (m)	Stato	Tipologia
1	10.01135	10.00806	Attivato	

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/m ²)
1	20.5	19	40.5	19	2600

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.77
Ascissa centro superficie	7.53 m
Ordinata centro superficie	39.25 m
Raggio superficie	28.58 m

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Analisi dei conci. Superficie...xc = 7.531 yc = 39.246 Rc = 28.584 Fs=1.7696

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.45	-6.3	2.46	1000.69	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	1044.2	335.3
2	2.45	-1.4	2.45	1772.51	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	1787.4	573.9
3	2.45	3.5	2.45	1569.2	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	1542.0	495.1
4	1.81	7.8	1.83	10160.68	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	9824.43	154.5
5	3.08	12.8	3.16	34065.1	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	32559.61	10454.6
6	2.45	18.5	2.58	27669.87	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	26347.28	459.8
7	2.18	23.5	2.37	23447.28	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	22435.07	203.7
8	2.72	29.0	3.1	29861.26	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	28981.19	305.6
9	2.45	35.1	2.99	20574.81	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	20516.46	587.6
10	2.45	41.4	3.26	11387.4	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0	11827.23	797.6

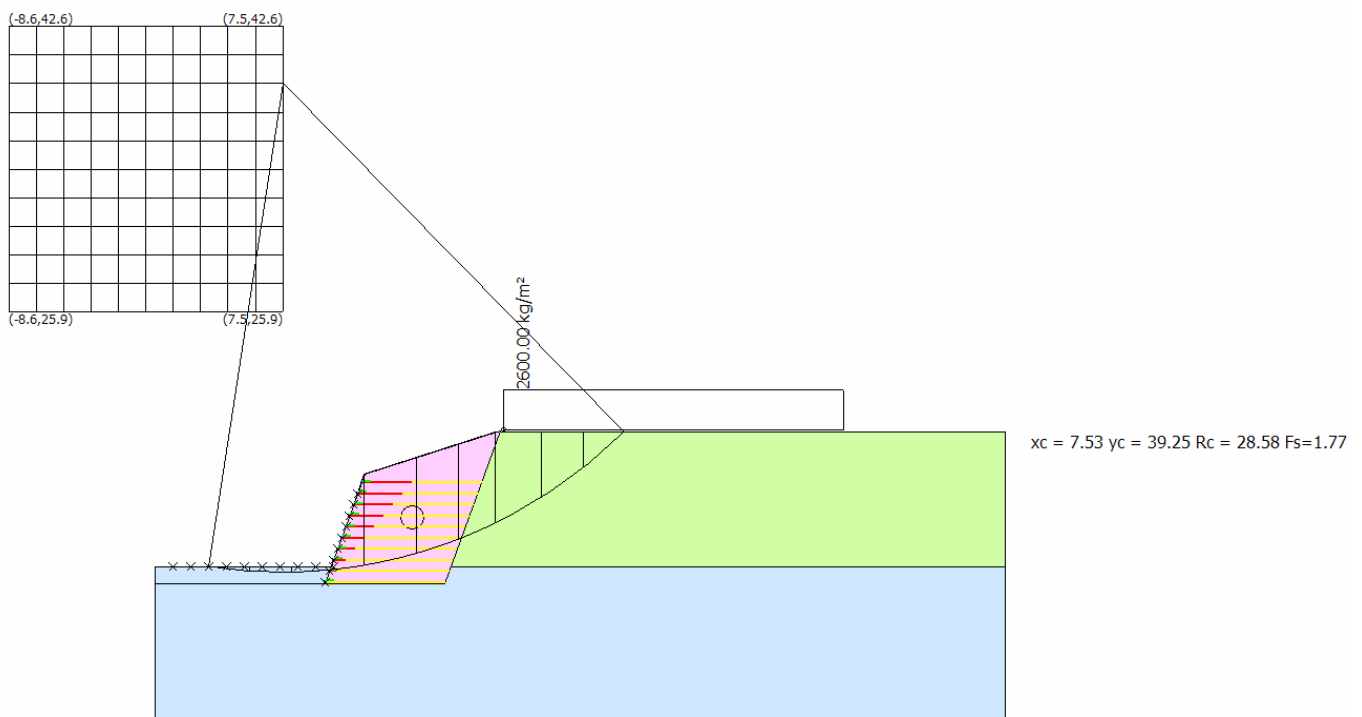
VERIFICHE INTERNE

Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1.05/11	6.73/41.75/31.27	1.781	Compound
0*2	2.1/11	6.73/36.74/26.16	1.872	Compound
0*3	3.15/11	7.53/39.25/28.58	1.77	Compound
0*4	4.2/11	7.53/42.58/31.76	1.818	Compound
0*5	5.25/11	7.53/42.58/31.76	1.818	Compound
0*6	6.3/11	7.53/42.58/31.76	1.818	Compound
0*7	7.35/11	7.53/42.58/31.76	1.818	Compound
0*8	8.4/11	7.53/42.58/31.76	1.818	Compound
0*9	9.45/11	7.53/42.58/31.76	1.818	Compound
0*10	10.5/11	5.12/40.08/29.57	2.163	Compound
1*1	10.03/10.06	5.12/40.08/29.57	2.163	Tieback
1*2	10.27/10.71	5.12/40.08/29.57	2.163	Tieback
1*3	10.51/11.36	7.53/40.91/29.71	1.83	Tieback
1*4	10.75/12.01	7.53/40.91/29.08	1.976	Tieback
1*5	10.98/12.66	7.53/42.58/30.12	2.173	Tieback

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1*6	11.22/13.31	7.53/42.58/29.51	3.29	Tieback
1*7	11.46/13.96	7.53/42.58/28.89	5.972	Tieback
1*8	11.7/14.61	7.53/42.58/28.28	5.713	Tieback
1*9	11.94/15.26	7.53/42.58/27.68	4.249	Tieback



9.2.3 A2-M2-sisma

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Analisi

Condizione drenata

Superficie di forma circolare

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-8.56 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	25.9 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.53 m
Ordinata vertice destro superiore ys	42.58 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

=====

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.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno	[m/s ²]	[-]	[sec]
	[anni]			
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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	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 0.0685

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	11.0
2	10.5	11.0
3	12.3	16.4
4	20.0	18.9
5	50.0	18.9

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0.0	10.0
2	17.0	10.0
3	20.0	18.9
4	50.0	18.9

Vertici strato2

N	X m	y m
---	--------	--------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE		<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1	0.0	11.0
2	14.72	11.0
3	17.0	11.0
4	17.05	11.0
5	50.0	11.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

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

Terra rinforzata

No	X (m)	Y (m)	Stato	Tipologia
1	10.01135	10.00806	Attivato	

Carichi distribuiti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/m ²)
1	20.5	19	40.5	19	600

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2 sisma]

```
=====
```

Fs minimo individuato	1.2
Ascissa centro superficie	7.53 m
Ordinata centro superficie	39.25 m
Raggio superficie	28.58 m

```
=====
```

Analisi dei conci. Superficie...xc = 7.531 yc = 39.246 Rc = 28.584 Fs=1.1951

```
-----
```

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.45	-6.3	2.46	1000.69	137.09	68.55	0.0	32.0	0.0	1063.1	505.5
2	2.45	-1.4	2.45	1772.51	242.83	121.42	0.0	32.0	0.0	1794.3	853.1
3	2.45	3.5	2.45	1569.2	214.98	107.49	0.0	32.0	0.0	1527.9	726.5
4	1.81	7.8	1.83	10160.68	1392.01	696.01	0.0	32.0	0.0	9630.04	578.7
5	3.08	12.8	3.16	34065.1	4666.92	2333.46	0.0	32.0	0.0	31531.21	4991.8
6	2.45	18.5	2.58	27669.87	3790.77	1895.39	0.0	32.0	0.0	25171.81	1968.2
7	2.18	23.5	2.37	23447.28	3212.28	1606.14	0.0	32.0	0.0	21187.81	0073.9
8	2.72	29.0	3.1	25429.78	3483.88	1741.94	0.0	32.0	0.0	23010.21	0940.4
9	2.45	35.1	2.99	15683.38	2148.62	1074.31	0.0	32.0	0.0	14367.66	831.2
10	2.45	41.4	3.26	6695.97	917.35	458.67	0.0	32.0	0.0	6288.52	989.9

VERIFICHE INTERNE

Posizione rinforzi

ID	Xrinf./Yrinf. m	xc, yc, rc	Fsmin	Verifiche interne
0*1	1.05/11	6.73/41.75/31.27	1.201	Compound

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
MURO IN T.R – RELAZIONE SISMICA, DI CALCOLO E VERIFICHE GEOTECNICHE	<i>Codice documento</i> CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

0*2	2.1/11	6.73/36.74/26.16	1.248	Compound
0*3	3.15/11	7.53/39.25/28.58	1.195	Compound
0*4	4.2/11	7.53/42.58/31.76	1.221	Compound
0*5	5.25/11	7.53/42.58/31.76	1.221	Compound
0*6	6.3/11	7.53/42.58/31.76	1.221	Compound
0*7	7.35/11	7.53/42.58/31.76	1.221	Compound
0*8	8.4/11	7.53/42.58/31.76	1.221	Compound
0*9	9.45/11	7.53/42.58/31.76	1.221	Compound
0*10	10.5/11	5.12/40.08/29.57	1.392	Compound
1*1	10.03/10.06	5.12/40.08/29.57	1.392	Tieback
1*2	10.27/10.71	5.12/40.08/29.57	1.392	Tieback
1*3	10.51/11.36	7.53/40.91/29.71	1.228	Tieback
1*4	10.75/12.01	7.53/40.91/29.08	1.31	Tieback
1*5	10.98/12.66	7.53/42.58/30.12	1.416	Tieback
1*6	11.22/13.31	7.53/42.58/29.51	1.948	Tieback
1*7	11.46/13.96	7.53/42.58/28.89	2.889	Tieback
1*8	11.7/14.61	7.53/42.58/28.28	2.789	Tieback
1*9	11.94/15.26	7.53/42.58/27.68	2.235	Tieback

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

Codice documento

CG0700PRXDCCD1CVAE0000003F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

