

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> COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA</p> <p><i>Tipo di sistema</i> CENTRO DIREZIONALE</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> OPERE CIVILI EDILI</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> VIABILITA' ACCESSO – ASSE 3-4</p> <p><i>Titolo del documento</i> GALLERIA ARTIFICIALE DA 0+040.00 A PK 0+242.70 – RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI E DEFINITIVE</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CD0269_F0</div>
---	--

CODICE	C G 0 7 0 0	P	C L	D	C	C D	1 C	V A	0 0	0 0	0 0	0 3	F 0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<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 DELLA STRUTTURA.....	6
4.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	6
4.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	8
4.2.1	SABBIE E GHIAIE DI MESSINA	11
4.2.2	CONGLOMERATO DI PEZZO	11
4.3	CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO	14
4.3.1	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	14
4.3.2	PARAMETRI SISMICI DI BASE	15
4.3.3	STATI LIMITE DI RIFERIMENTO	16
4.3.4	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	16
4.3.5	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	20
4.3.6	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	21
4.4	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE	21
5.	ANALISI DEI CARICHI	22
6.	MODELLO DI CALCOLO	24
6.1	PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO	24
6.2	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI STATICHE CON RANKINE	24
6.3	CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE CON MONONOBE & OKABE	24
6.4	CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI	27
6.5	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	29
7.	TABULATI DI CALCOLO.....	30
7.1	MURO TIPO A	30
7.2	MURO TIPO B	45
7.3	MURO TIPO C	61

PREMESSA

La presente relazione riguarda l'analisi strutturale e le verifiche di stabilità dei muri di sostegno in c.a., da realizzare agli imbocchi della galleria artificiale da realizzare tra la pk. 0+40.00 a pk 0+242.70 dell'ASSE 3-4. Le opere in oggetto sono inquadrare nel Progetto Definitivo del Ponte sullo Stretto di Messina, nell'ambito della viabilità di collegamento all'ammodernamento dell'autostrada esistente A3 "Salerno-Reggio Calabria". Sono state analizzate le sezioni con altezza del paramento maggiore.

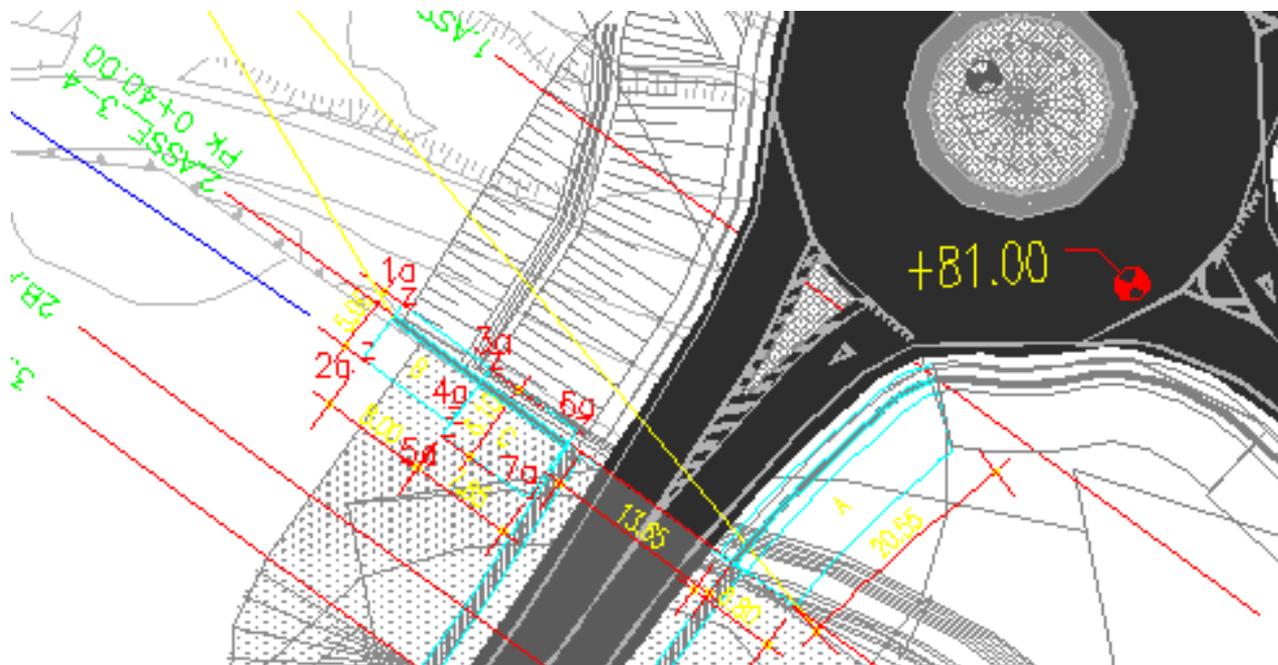


Figura: Stralcio planimetrico delle opere

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)
- UNI ENV 1992-1-1,1-2,1-3,-3: "Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo";
- UNI ENV 1997: "Eurocodice 7. Progettazione geotecnica"

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p><i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Aztec Max 10 – Manuale di riferimento
- 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

CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI ED ELEVAZIONI OPERE D'ARTE MINORI

Classe di resistenza	C25/30 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.55 -
Slump	S4 -
Diametro massimo inerte	32 mm

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

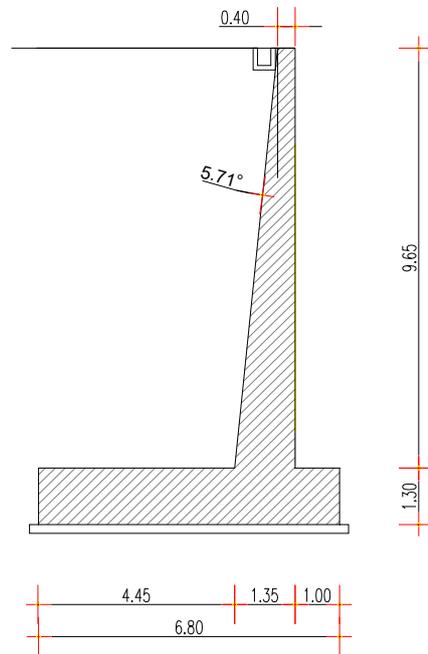
Acciaio commerciale da cemento armato B450C controllato in stabilimento.

4. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

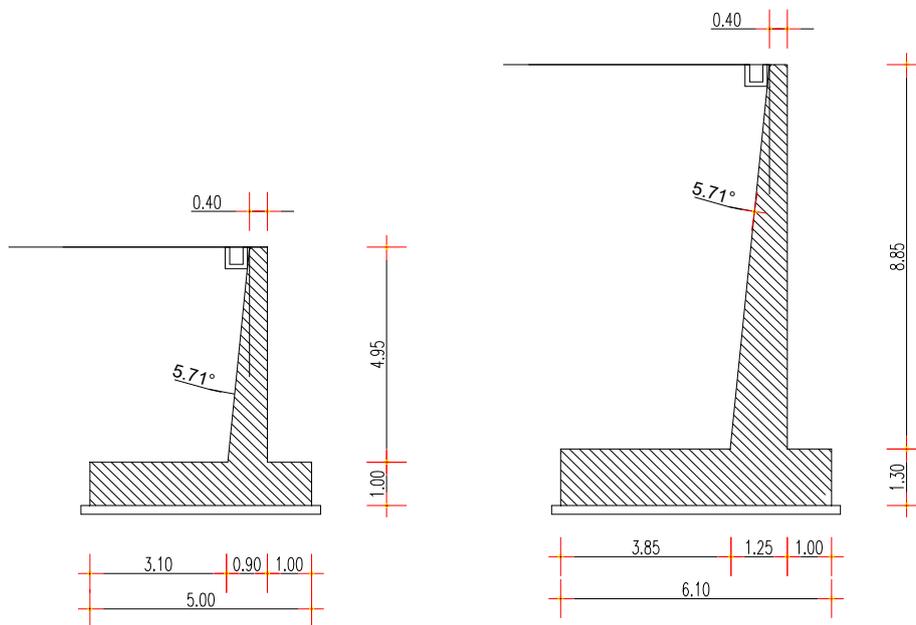
L'opera tipo consiste in un muro di sostegno in c.a. gettato in opera, del tipo a mensola, su fondazioni dirette. Entrambe le opere di imbocco si articolano complessivamente in 3 conci strutturali separati da giunto tecnico, di altezza variabile rispettivamente da 4.95 m e 9.65 m.

4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

Le principali caratteristiche geometriche della sezione trasversale dei conci di calcolati sono riportati nella seguente fig. 4.1.



A



B

C

Figura 4.1:Sezioni di calcolo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011		

4.2 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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

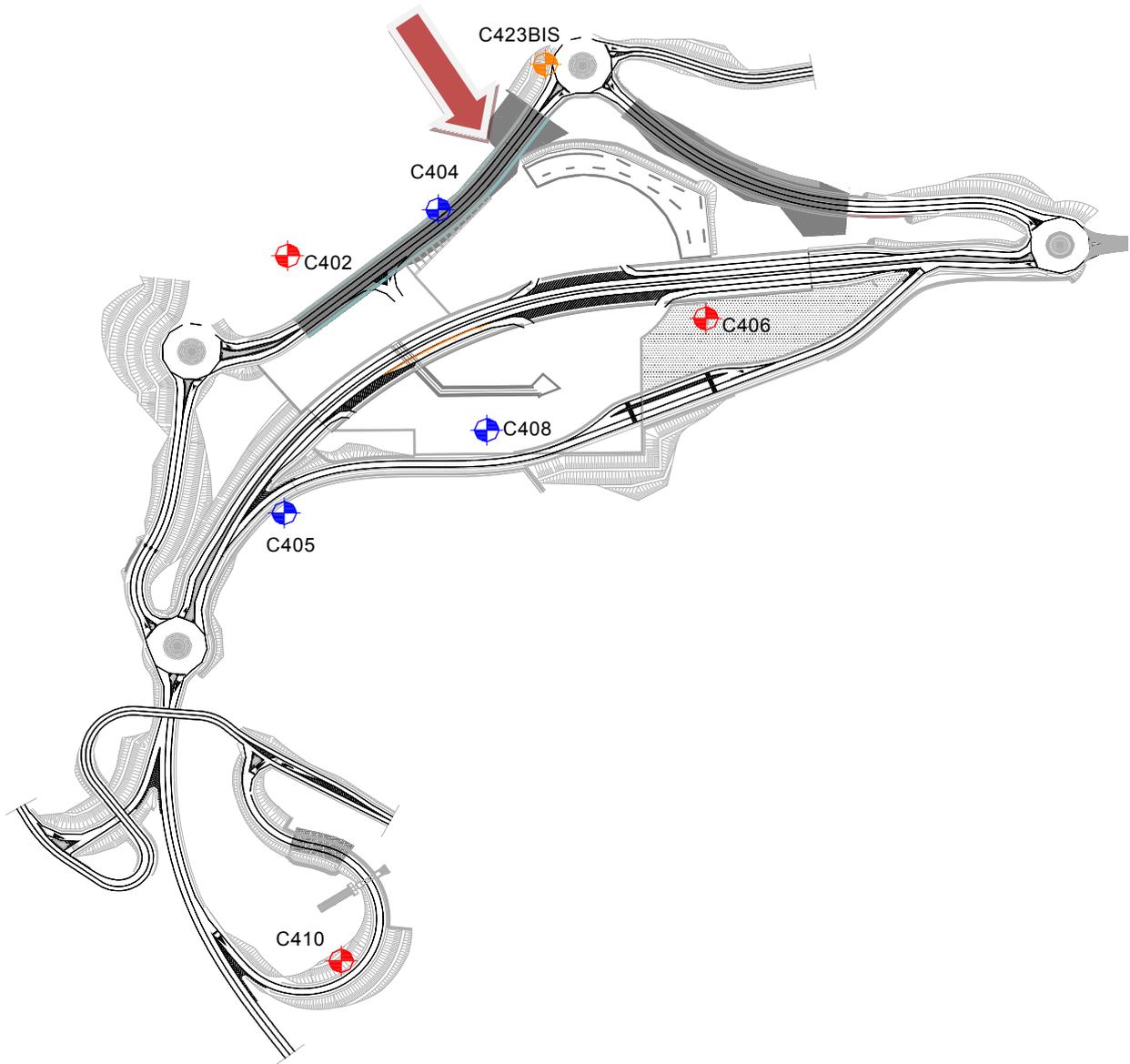


Fig. 4.2 – Stralcio planimetrico con ubicazione delle opere e dei sondaggi

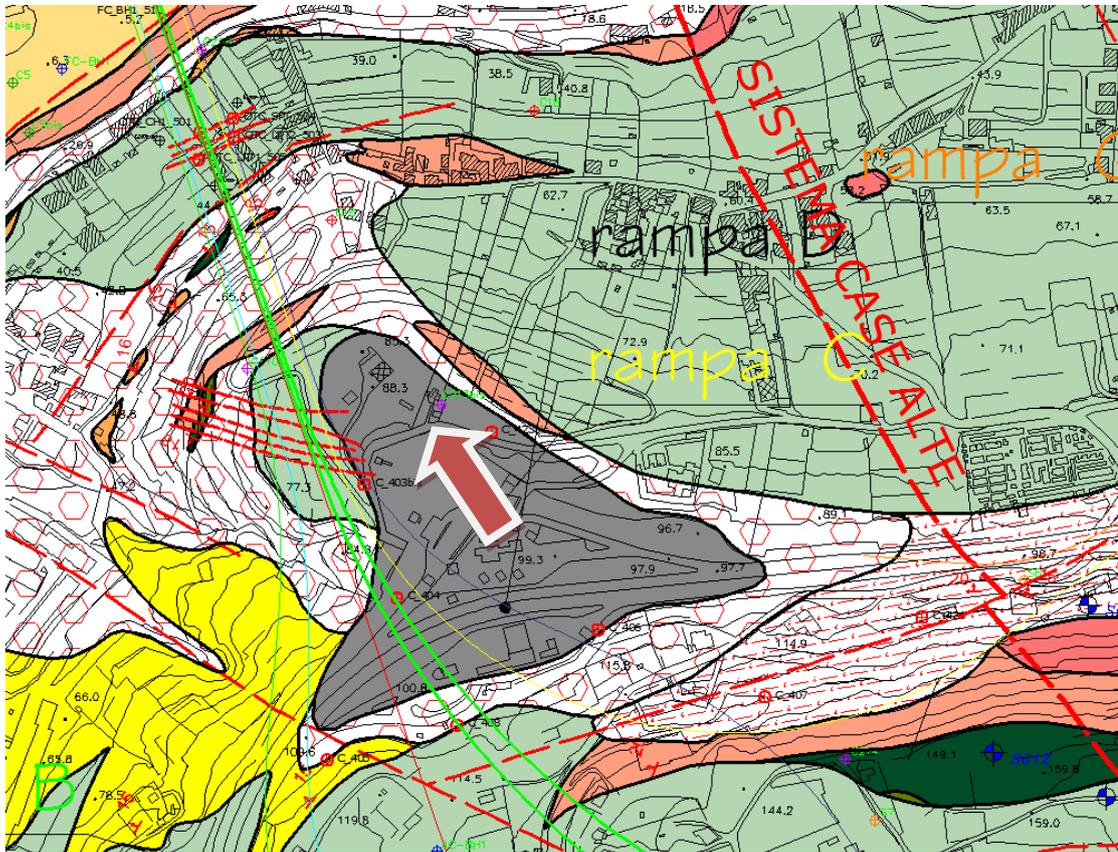
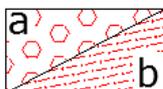


Figura 4.3: Stralcio della carta geologica con ubicazione della struttura



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 clinostatificati. 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 clinostatificato (b). (OLOCENE)



**Riporto antropico.
(ATTUALE)**



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		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2.1 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'ff=0-272KPa) / 35° ÷ 38° (p'ff=272-350KPa)
C_{residuo} (kPa)	0
$\varphi_{cv'}$ (°)	33-35
k_o (-)	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	$E_o = 4300 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.65}$
$E' *$	$E' = (17 \div 40) \cdot (z)^{0.7}$
v'	0.2
K (m/s)	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵

4.2.2 CONGLOMERATO DI PEZZO

Il conglomerato di Pezzo è la litologia stratigraficamente più bassa della successione sedimentaria. La sua potenza è superiore ai 200 m. Il conglomerato è composto prevalentemente da clasti di graniti e gneiss cementati in matrice prevalentemente composta da frazioni arenacee fini e limose. Le dimensioni dei clasti sono eterogenee e variabili da pochi mm fino a blocchi superiori al metro, interpretati come grossi trovanti inglobati nel conglomerato. Negli affioramenti la formazione presenta un aspetto litoide con scarpate stabili. Il Conglomerato di Pezzo ha quindi generalmente caratteristiche assimilabili a quelle di rocce tenere. Per i parametri di resistenza al

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

taglio nell'ambito dello strato superficiale più alterato ($z < 25 \div 30m$), si fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica generale che si basa sull'esito delle prove di carico su piastra, ritenute maggiormente rappresentative del comportamento d'insieme dell'ammasso: si considerano quelle ubicate in prossimità del blocco di ancoraggio lato Calabria (campagna di indagine 1988 – pozzo P2500) ed al proposito si è ripreso lo studio effettuato nel Progetto preliminare (“Le basi del progetto – Geotecnica” – Elab. PP2RA24) (Vd. Elab. CG0800PRBDCSBC8G000000001A).

γ (kN/m ³)	21-23
c' picco (kPa)	0-100
φ' picco (°)	38° ÷ 42°
$C_{residuo}'$ (kPa)	0
φ_{cv}' (°)	33-35
k_o (-)	0.7-0.9
V_s (m/sec)	$V_s = 280 \cdot (z)^{0.2}$
G'_o	$G_o = 3000 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.50}$
E_o	$E_o = 7200 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a}\right)^{0.50}$
$E' *$	E'=150-300 (z 0 -20m) E'=300-500 (20 - 35m)
ν'	0.2-0.3
K (m/s)	10^{-7}

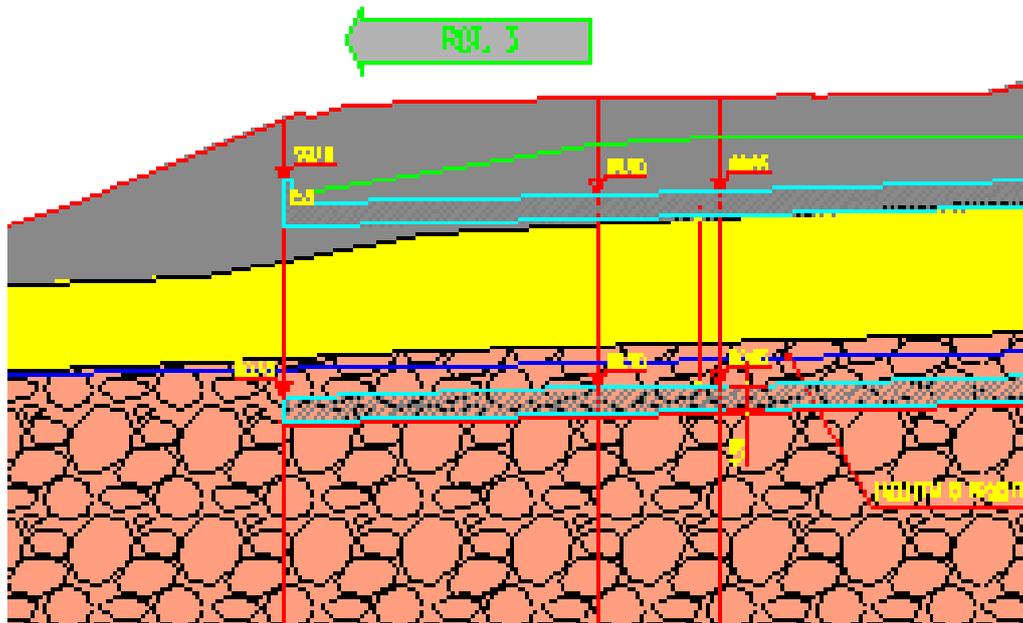


Figura 4.4: Profilo geotecnico



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)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

4.3 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

4.3.1 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":

- Per i muri con altezza inferiore a 5.00 m:

Tipo di costruzione	2
Vita nominale (V_N)	50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso (C_U)	1.5

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.5 = 75 \text{ anni}$$

- Per i muri con altezza superiore a 5.00 m:

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:

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

4.3.2 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:

- Per i muri con altezza superiore a 5.00 m:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [sec]
SLO	45	0.079	2.313	0.292
SLD	75	0.105	2.300	0.313
SLV	712	0.302	2.436	0.376
SLC	1462	0.402	2.474	0.408

- Per i muri con altezza superiore a 5.00 m:

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	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		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<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_O = 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.

4.3.3 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.

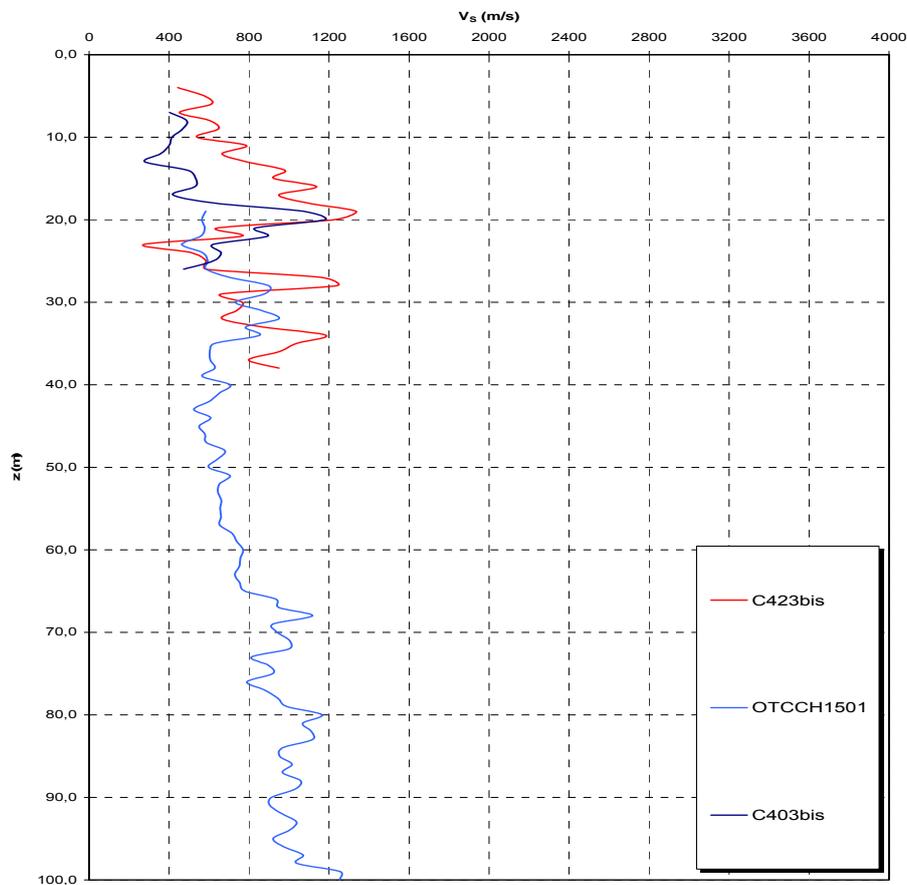
4.3.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

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</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina media-mente consistenti</i> , 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).

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 miglio-ra-mento 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>

L'opera è fondata interamente sulla formazione del Conglomerato di Pezzo , ad eccezione del tratto compreso tra le sezioni 9 e 12 , in cui è presente uno strato di Depositi di versante che ha uno spessore variabile tra 0 e 2.50 m, sovrastante il conglomerato stesso. Il piano di imposta del solettone di fondazione della galleria si trova ad una profondità media dal piano di campagna pari a 17.00 m.



Andamento delle Vs nelle verticali indagate

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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**.

E' stato stimato, inoltre, il valore di $N_{spt,30}$ a partire dai dati delle prove penetrometriche in foro effettuate nel sondaggio **C404**, ritenuto maggiormente rappresentativo per l'opera in esame, per uno spessore di 30.00 m valutato, dal piano d'imposta della platea di fondazione

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

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

N_{SPT} = Valore di N_{spt} i-esimo

M = Numero di strati

C404

Strato	Litotipo	h_i [m]	N_{SPT}	Z	$h_i/N_{spt,i}$	
h_1	Terreno di riporto	0	6	0.00	0.000	
h_2	Paleosuolo	0	5	0.00	0.000	
h_3	Sabbia con ghiaia	2.5	33.6	2.50	0.074	
h_4	Sabbia da granito alterato	27.5	100	30.00	0.275	
h_{totale}		30		$\Sigma h_i/N_{spt,i}$	0.349	
$N_{spt,30} =$		30	/	0.349	=	85.86
B						

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

Dalla stratigrafia del sondaggio C404 si rileva l'assenza di falda.

ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento

CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

Committente EuroLink Scpa		Profondità raggiunta 30,0 m		Quota Ass. P.C.		Certificato n°		Pagina 1/1				
Coordinatore Dott. Geol. Pasquale Musumeci		Ubicazione centro direzionale e Rampa D; Area di servizio AGIP						Inizio/Fine Esecuzione 14/04/2010-				
Responsabile Dott. Geol. Pasquale Musumeci		Sondaggio C404		Tipo Carotaggio Carotaggio Continuo		Tipo Sonda EGT 710		Coordinate X Y 38°13'43"N-15°38'48"E				
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T.	Podet Test kg/cmq	Campioni	Fida	R.Q.D. %	Prova Permeab.	Prova Dilatometr.	Piezometro
		Suolo	1.00									
1		Ripporto costituito da sabbie con ghiaia (ciottoli sub arrotondati)			n° 4;3;3							
2					2.20 PA							
3					n°7;16;21							
4					3.50 PA							
5					n° 2;3;3							
6			6.50		5.00 PA							
7		Paleosuolo			n° 2;2;3							
8					6.50 PA							
9					n° 2;2;3							
10		Sabbia con ghiaia costituita da ciottoli eterometrici sub-arrotondati	8.90		8.00 PA							
11					n°12;16;24							
12					10.00 PA							
13					n° 5;7;9							
14					11.50 PA							
15					n°17;22;23							
16			13.80		13.00 PA							
17		Trovante granitico con alterazione da elevata ad intensa	14.30		n° R							
18					14.50 PA							
19		Sabbia debolmente limosa, rimaneggiata costituita prevalentemente da granito intensamente alterato; Trovante granitico con alterazione da elevata ad intensa tra 25,0-25,3			n° R							
20					16.00 PA							
21					n° 23;R							
22					18.20 PA							
23					n°25;R							
24					22.00 PA							
25					n° R							
26					24.20 PA							
27					n° R							
28					26.00 PA							
29					n°12;23;41							
30			30.00		27.50 PA							

Stratigrafia Sondaggio C404

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.3.5 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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Pertanto si ha:

- Per $H > 5.00$ m:

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

- Per $H \leq 5.00$ m:

STATO LIMITE	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [sec]	Ss	
SLV	0.302	2.436	0.376	A	1.00
				B	1.106
				C	1.259
				D	1.296
				E	1.191

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

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

4.3.6 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 1.20, in accordo con quanto riportato nella Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008.

4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Per l'opera in oggetto sono stati eseguiti accurati rilievi dello stato dei luoghi interessati dall'attraversamento, dei manufatti, dei fabbricati e delle opere ed impianti in genere che, in una qualsiasi fase, possono essere interessati dai lavori.

La progettazione è stata condotta con riferimento alle normative di calcolo indicate nel documento GCG.F.01.02 "Normativa tecnica applicabile" o, in mancanza di disposizioni specifiche, a criteri fondati su ipotesi teoriche e risultati sperimentali chiaramente comprovati, allo scopo di garantire la completa stabilità e la sicurezza delle strutture sia singolarmente che nel loro insieme.

La tipologia dell'opera in oggetto e le procedure di dimensionamento e verifica sono state delineate in relazione alla situazione stratigrafica e geotecnica locale, all'entità dei carichi e alle condizioni di stabilità dei siti di futura costruzione.

Presupposto essenziale per il progetto di tale tipo di opere è che esse siano realizzate in aree "stabili", per le quali siano soddisfatte le verifiche segnalate nel documento GCG.F.03.10 "Stabilità dei siti di futura costruzione e opere connesse", o in aree rese stabili con adeguati interventi di stabilizzazione.

Nel caso dei muri di sottoscarpa si dovranno utilizzare materiali di riempimento granulari, tipo sabbie e ghiaie ben compattati. L'utilizzo di materiali a granulometria più fine è previsto solo in casi eccezionali e comunque condizionato ai risultati di studi specifici. Analoghe considerazioni valgono per i materiali di riempimento tra fronte di scavo e parete del muro di controripa.

Per impedire che si verifichino situazioni di sovraccarichi idraulici indesiderati, dovrà realizzarsi a tergo dei muri un sistema di drenaggio e smaltimento delle acque, definito sulla base della tipologia di muro, delle caratteristiche del materiale di riempimento a tergo del muro, nonché, per i muri di controripa, delle caratteristiche del terreno naturale e delle condizioni idrogeologiche.

Si dovranno prevedere, ad intervalli regolari, dei giunti strutturali, al fine di evitare la generazione di tensioni interne per fenomeni di ritiro o termici.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il piano di posa delle fondazioni è regolarizzato con una soletta di calcestruzzo magro non inferiore a 10 cm.

I tubi microfessurati in PVC drenanti saranno rivestiti esternamente con geotessile non tessuto con funzione di filtro. Nel caso il terreno a tergo del muro contenga più del 20% di frazione fine (passante al setaccio da 0.06 mm) dovrà essere disposto lungo la superficie di contatto tra terreno naturale e materiale drenante un telo di geotessile non tessuto con funzione di filtro.

E' stato verificato, per ciascuna situazione di progetto individuata attraverso specifiche analisi, che non siano raggiunte condizioni di stato limite ultimo e di servizio. E' stato accertato che non siano raggiunti i seguenti stati limite ultimi:

- rottura per capacità portante del terreno
- rottura per scorrimento orizzontale
- rottura per ribaltamento
- rottura per instabilità globale
- collasso strutturale dell'opera

Nella definizione delle situazioni di progetto si è fatto riferimento ad assunzioni e a combinazioni dei dati di progetto in grado di coprire tutte le condizioni che possono ragionevolmente essere previste durante l'esecuzione e la vita utile dell'opera.

Le condizioni piezometriche di progetto e lo stato di sforzo efficace iniziale nel terreno (tensioni geostatiche) antecedente la realizzazione dell'opera di sostegno è stato ipotizzato sulla base di quanto contenuto negli elaborati geologici e geotecnici di progetto richiamati nel paragrafo 4.2.

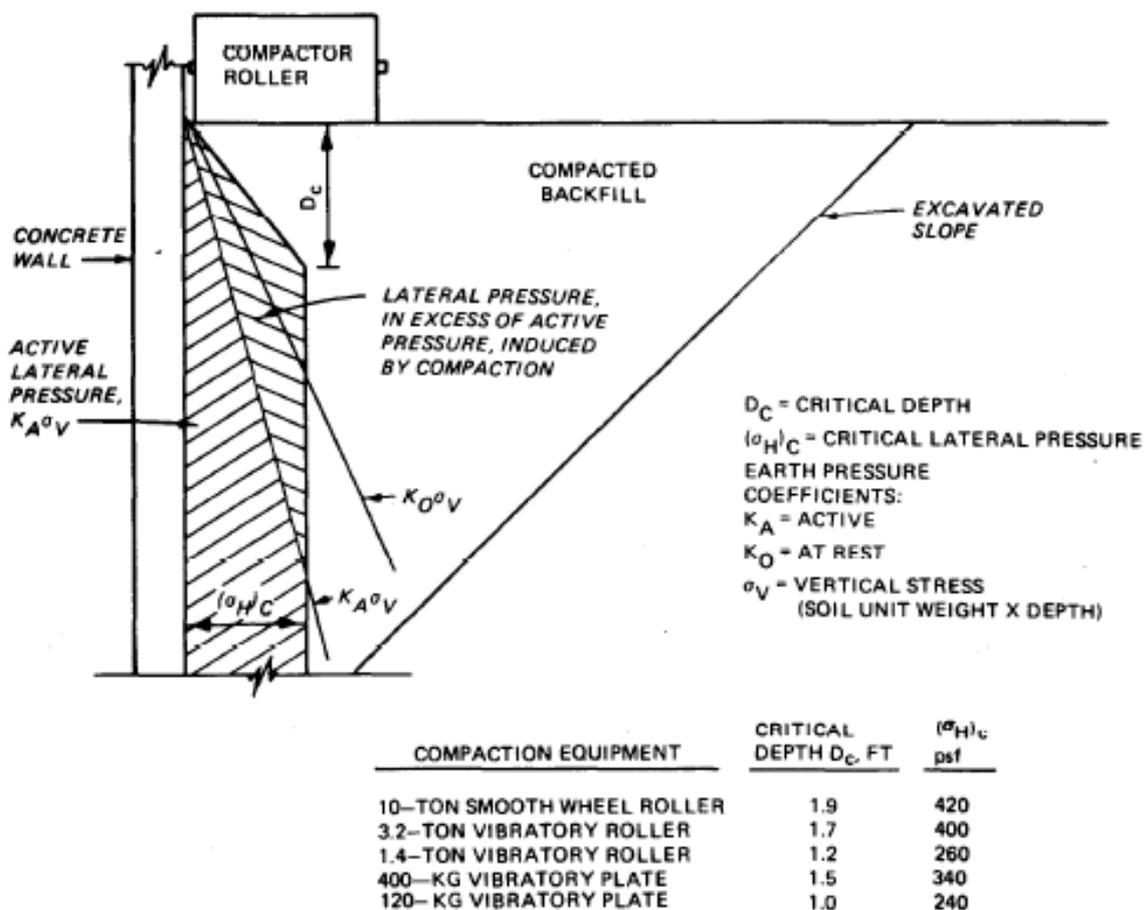
L'entità delle spinte delle terre esercitate sulle opere di sostegno è stata definita sulla base di specifiche considerazioni in merito sia alle modalità costruttive, sia agli spostamenti delle opere stesse. Per le opere di sostegno tradizionali si sono applicati i criteri di analisi semplificati e le condizioni limite di spinta attiva e passiva.

E' stata presa in considerazione la sovra spinta statica dovuta alla compattazione del terrapieno di monte.

5. ANALISI DEI CARICHI

Per l'opera in oggetto sono state prese in considerazione le spinte statiche e sismiche dei terreni. Dalle analisi effettuate risulta dimensionante per l'opera in oggetto la condizione sismica.

E' stata presa in considerazione la sovraspinta statica dovuta alla compattazione del terrapieno di monte. Sono stati presi in considerazione i sovraccarichi variabili dovuti ai mezzi di cantiere, pari a 20 KN/mq.



a. MAXIMUM INDUCED LATERAL PRESSURES

Figura 5.1: Effetto della compattazione del terrapieno di monte

Assumendo come mezzo compattante un rullo da 10 t segue una sovrappressione di compattamento che attinge al suo valore massimo di **20.11 KPa** dalla profondità di circa 60 cm dalla testa dell'opera. Tale carico pertanto potrà essere applicato, cautelativamente, come uniformemente ripartito sul paramento interno.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6. MODELLO DI CALCOLO

6.1 PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO

Per la progettazione dell'opera in oggetto è stato utilizzato il codice di calcolo commerciale MAX 10.0 prodotto dalla Aztec Informatica di Casole Bruzio (CS).

6.2 CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI STATICHE CON RANKINE

Se $\varepsilon = \delta = 0$ e $\beta = 90^\circ$ (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta S_t si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale. In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

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

6.3 CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE 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, ricavati come segue:

$$K_h = \beta_m S_s S_t \operatorname{ag}/g ; K_h = \pm 0.5 K_h$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per pareti libere di muoversi, il valore di β_m viene ricavato dalla seguente tabella 7.11.II della normativa:

Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

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:

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

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:

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

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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

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:

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Avendo indicato con:

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

(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:

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

6.4 CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI

Metodo di Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; 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. 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

$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$ per fondazioni rettangolari

$s_c = 1,2$ per fondazioni quadrate o circolari.

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

$$i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - H/A'c_u} \right)$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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:

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

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

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

Fattori di forma:

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \phi' \text{ per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \sin \phi' \text{ per forma quadrata o circolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B' / L') \text{ per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 0,7 \text{ per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \text{ per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

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

$$i_q = i_s = 1 - H / (V + A' c' \cot \phi')$$

$$i_c = (i_q N_q - 1) / (N_q - 1)$$

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

$$i_q = [1 - 0,7H / (V + A' c' \cot \phi')]^3$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' c' \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

6.5 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

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:

$\Sigma F_v = 0, \Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

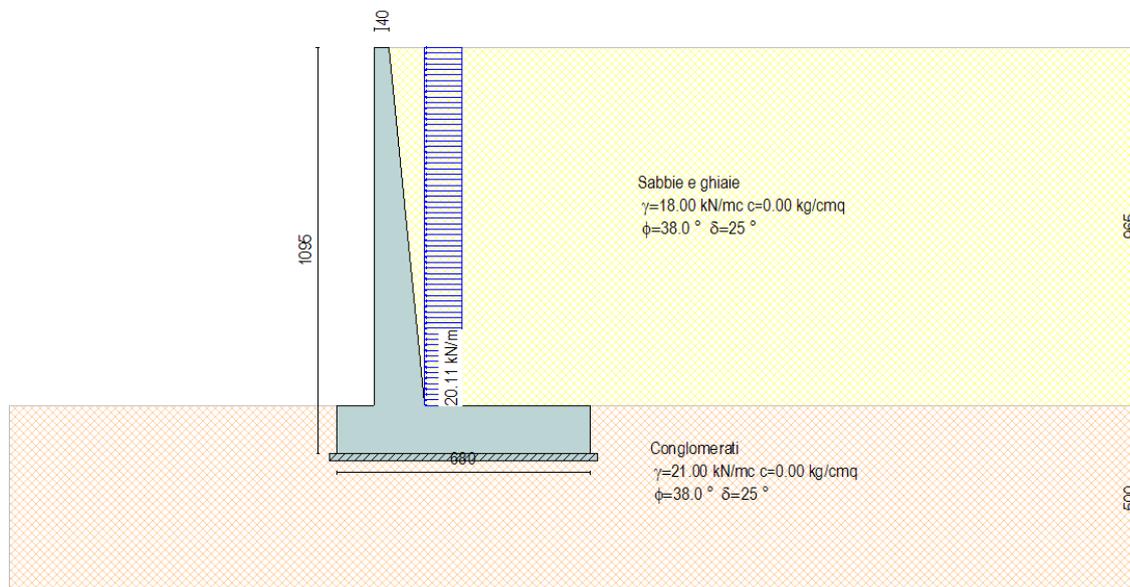
$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

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 $\Delta X = 0$ 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 %.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7. TABULATI DI CALCOLO

7.1 MURO TIPO A



Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	
<u>Verifica fessurazione</u>	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.30$ $w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Circ. Min. 252 (15/10/1996)
<u>Verifica delle tensioni</u>	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck} - \sigma_f < 0.80 f_{yk}$ Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{QLIM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1.59	--	5.26	--
2	EQU - [1]	--	--	2.44	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.92
4	A1-M1 - [2]	--	1.57	--	4.75	--
5	EQU - [2]	--	--	2.37	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.79
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1.21	--	3.24	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1.14	--	2.95	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.86	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.68	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.59
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.56
13	SLEQ - [1]	--	1.70	--	6.80	--
14	SLEF - [1]	--	1.69	--	6.61	--
15	SLER - [1]	--	1.68	--	6.33	--

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.96 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.11
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.31
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 10.35$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 5.17$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 0.00$		
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 0.00$		
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico		
Partecipazione spinta passiva (percento)	50.0		
Lunghezza del muro	20.55	[m]	
Peso muro	425.6646	[kN]	
Baricentro del muro	X=1.06	Y=-8.05	
<u>Superficie di spinta</u>			
Punto inferiore superficie di spinta	X = 5.40	Y = -10.95	
Punto superiore superficie di spinta	X = 5.40	Y = 0.00	
Altezza della superficie di spinta	10.95	[m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[°]	
<u>COMBINAZIONE n° 8</u>			
Valore della spinta statica	234.3059	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	211.7794	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	100.2434	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 5.40	[m]	Y = -7.30 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]	
Incremento sismico della spinta	53.4812	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 5.40	[m]	Y = -7.30 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55.46	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	855.0295	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.94	[m]	Y = -4.67 [m]
Inerzia del muro	44.0356	[kN]	
Inerzia verticale del muro	-22.0178	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	88.4540	[kN]	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte -44.2270 [kN]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X 194.06 [kN]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 586.6699 [kN]

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 1337.5736 [kN]

Resistenza passiva a valle del muro -37.2977 [kN]

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 1337.5736 [kN]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 586.6699 [kN]

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 1.51 [m]

Risultante in fondazione 1460.5769 [kN]

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 23.68 [°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione 2024.3580 [kNm]

Carico ultimo della fondazione 3951.4314 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 5.67 [m]

Tensione terreno allo spigolo di valle 4.8136 [kg/cmq]

Tensione terreno allo spigolo di monte 0.0000 [kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$ $N'_c = 18.17$

$N_q = 48.93$ $N'_q = 14.82$

$N_\gamma = 56.17$ $N'_\gamma = 8.98$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.14

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 2.95

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	4.83	98.4866	355.9730	163.1442
3	9.65	270.9199	1820.2300	445.6090

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	1.00	206.2099	398.5365

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	4.44	-1526.4136	-458.5999

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	40.00	21.24	26.55	0.00	0.00	1000.00	240.64	0.00
2	4.83	100.00	88.24	53.09	26.55	474.78	-1716.07	4.82	567.68	0.00
3	9.65	100.00	136.49	53.09	26.55	405.95	-2727.48	1.50	894.72	0.00

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Vwd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	130.00	26.55	26.55	0.00	0.00	1000.00	850.73	0.00
2	1.00	100.00	130.00	26.55	26.55	0.00	1207.99	5.86	850.73	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	130.00	26.55	26.55	0.00	0.00	1000.00	850.73	0.00
2	4.44	100.00	130.00	26.55	37.17	0.00	-1682.74	1.10	850.73	0.00

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	297.3950	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	278.1225	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	105.3169	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 5.40	[m]	Y = -7.30	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57.27	[°]		
Incremento sismico della spinta	58.5744	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 5.40	[m]	Y = -7.30	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.52	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	855.0295	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.94	[m]	Y = -4.67	[m]
Inerzia del muro	44.0356	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-22.0178	[kN]		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inerzia del terrapieno fondazione di monte	88.4540	[kN]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-44.2270	[kN]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	194.06	[kN]
-------------------	--------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	659.4521	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1340.5092	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-28.8841	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	3331.7484	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	5613.0760	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1340.5092	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	659.4521	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1.70	[m]
Risultante in fondazione	1493.9351	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	26.19	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2279.6874	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.68
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.86 Y[m]= 6.51

Raggio del cerchio R[m]= 18.91

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -11.70

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 15.90

Larghezza della striscia dx[m]= 1.10

Coefficiente di sicurezza C= 1.56

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	2469.16	65.63	2249.14	2.68	32.01	0.000	0.000
2	6768.02	58.56	5774.44	2.12	32.01	0.000	0.000
3	10060.59	52.60	7991.99	1.82	32.01	0.000	0.000
4	12738.68	47.37	9372.64	1.63	32.01	0.000	0.000
5	14983.44	42.63	10147.12	1.50	32.01	0.000	0.000
6	16893.94	38.22	10452.73	1.41	32.01	0.000	0.000
7	18531.46	34.07	10382.40	1.33	32.01	0.000	0.000
8	20005.27	30.12	10038.76	1.28	32.01	0.000	0.000
9	21403.28	26.32	9489.48	1.23	32.01	0.000	0.000
10	23035.47	22.64	8867.12	1.20	32.01	0.000	0.000
11	24475.91	19.06	7991.55	1.17	32.01	0.000	0.000
12	25278.86	15.55	6776.87	1.15	32.01	0.000	0.000
13	25913.61	12.10	5433.18	1.13	32.01	0.000	0.000
14	27191.99	8.70	4112.74	1.12	32.01	0.000	0.000
15	26328.52	5.33	2444.14	1.11	32.01	0.000	0.000
16	6804.69	1.97	234.20	1.10	32.01	0.000	0.000
17	6471.69	-1.38	-155.30	1.10	32.01	0.000	0.000
18	6332.45	-4.73	-521.87	1.11	32.01	0.000	0.000
19	6038.91	-8.10	-850.44	1.12	32.01	0.000	0.000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

20	5587.95	-11.49	-1113.37	1.13	32.01	0.000	0.000
21	4974.63	-14.93	-1281.78	1.14	32.01	0.000	0.000
22	4191.85	-18.43	-1324.98	1.16	32.01	0.000	0.000
23	3229.98	-21.99	-1209.66	1.19	32.01	0.000	0.000
24	2076.12	-25.65	-898.84	1.22	32.01	0.000	0.000
25	713.12	-29.43	-350.41	1.27	32.01	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 3162.6909$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1020.4164$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1976.7720$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.46$

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	4.83	75.7589	98.4866	327.2399	489.4597	147.8181	218.7168
3	9.65	208.3999	270.9199	1617.3359	2358.7769	388.4974	558.3164

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.00	159.5770	235.4112	311.3168	454.7550

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	4.44	-1673.4152	-919.2922	-526.4744	-259.5966

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	40.00	21.24	26.55	0.00	0.00	1000.00	240.64	0.00
2	4.83	100.00	88.24	53.09	26.55	336.69	-1673.31	3.42	567.68	0.00
3	9.65	100.00	136.49	53.09	26.55	307.29	-2675.44	1.13	894.72	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100.00	40.00	21.24	26.55	0.00	0.00	0.00	0.00
2	4.83	100.00	88.24	53.09	26.55	30.49	2.36	873.59	-385.80
3	9.65	100.00	136.49	53.09	26.55	71.78	3.84	2651.25	-949.55

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	130.00	26.55	26.55	0.00	0.00	1000.00	850.73	0.00
2	1.00	100.00	130.00	26.55	26.55	0.00	1207.99	5.66	850.73	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
3	0.00	100.00	130.00	26.55	26.55	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	100.00	130.00	26.55	26.55	9.28	3.18	554.34	-114.29

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

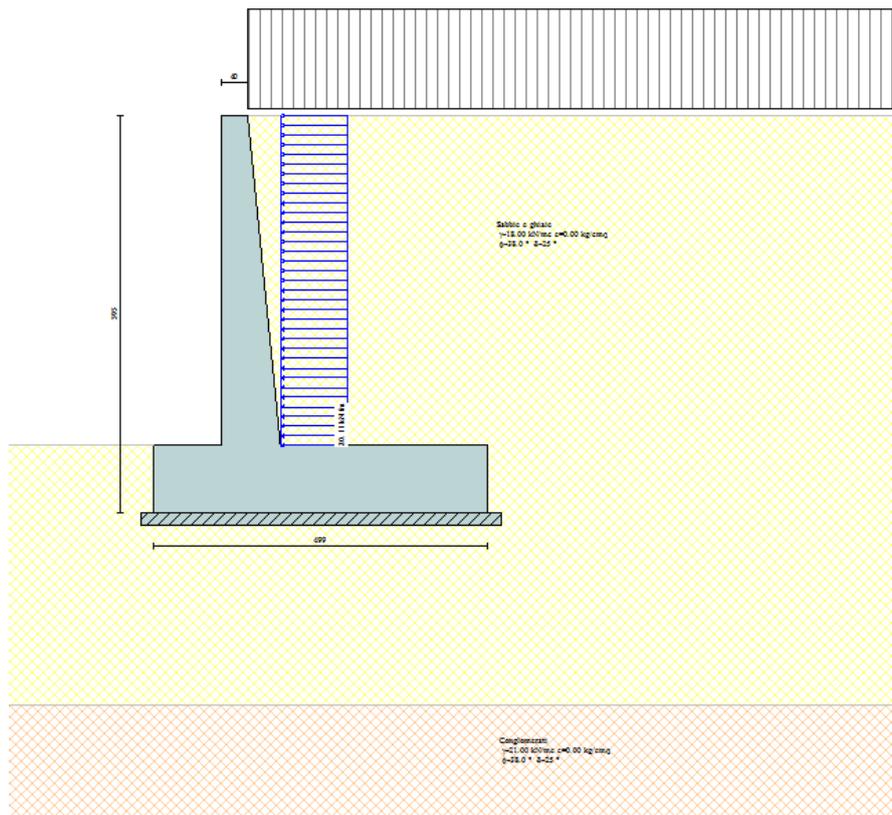
Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	130.00	26.55	26.55	0.00	0.00	1000.00	850.73	0.00
2	4.44	100.00	130.00	37.17	26.55	0.00	-1682.74	1.10	850.73	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
3	0.00	100.00	130.00	26.55	26.55	0.00	0.00	0.00	0.00
4	4.44	100.00	130.00	37.17	26.55	46.56	-2.62	-591.85	2271.23

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.2 MURO TIPO B



Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali

Ordinarie

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature

Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck} - \sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
CS_{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	1.53	--	6.69	--
2	EQU - [1]	--	--	2.99	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	2.17
4	A1-M1 - [2]	--	1.55	--	6.11	--
5	EQU - [2]	--	--	3.04	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.89
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1.22	--	4.75	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1.14	--	4.33	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2.40	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2.10	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.75
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.71
13	SLEQ - [1]	--	1.66	--	8.77	--
14	SLEF - [1]	--	1.66	--	8.54	--
15	SLER - [1]	--	1.67	--	8.17	--

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.96 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.11
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.31
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 10.35$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 5.17$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)

50.0

Lunghezza del muro

20.00 [m]

Peso muro

201.0382 [kN]

Baricentro del muro

X=0.64 Y=-4.41

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 3.59 Y = -5.95

Punto superiore superficie di spinta

X = 3.59 Y = 0.00

Altezza della superficie di spinta

5.95 [m]

Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)

0.00 [°]

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica

69.0185 [kN]

Componente orizzontale della spinta statica

62.3830 [kN]

Componente verticale della spinta statica

29.5283 [kN]

Punto d'applicazione della spinta

X = 3.59 [m] Y = -3.97 [m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie

25.33 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche

60.71 [°]

Incremento sismico della spinta

15.7537 [kN]

Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta

X = 3.59 [m] Y = -3.97 [m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche

55.46 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte

298.2599 [kN]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte

X = 1.92 [m] Y = -2.41 [m]

Inerzia del muro

20.7977 [kN]

Inerzia verticale del muro

-10.3988 [kN]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inerzia del terrapieno fondazione di monte	30.8554	[kN]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-15.4277	[kN]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	99.54	[kN]
-------------------	-------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	227.8197	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	509.7398	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-18.9169	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	509.7398	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	227.8197	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.79	[m]
Risultante in fondazione	558.3337	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24.08	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	402.7121	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2209.6235	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2.0282	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.0531	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 17.72$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 14.46$
$N_\gamma = 56.17$	$N'_\gamma = 8.61$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.14
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.33

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	2.48	41.2819	80.9654	68.7579
3	4.95	102.0207	377.3548	168.9116

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	1.00	80.7273	154.9917

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	3.10	-328.3837	-149.7514

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	40.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	240.64	0.00
2	2.48	100.00	64.75	21.24	21.24	267.83	-525.30	6.49	408.40	0.00
3	4.95	100.00	89.49	31.86	21.24	289.50	-1070.82	2.84	576.16	0.00

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CS coefficiente sicurezza sezione
Vcd Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{ri}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	647.37	0.00
2	1.00	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	731.79	9.06	647.37	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{ri}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	647.37	0.00
2	3.10	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	-731.79	2.23	647.37	0.00

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	87.6024	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	81.9254	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	31.0228	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.59	[m]	Y = -3.97	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57.27	[°]		
Incremento sismico della spinta	17.2540	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3.59	[m]	Y = -3.97	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.52	[°]		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	298.2599	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.92	[m]	Y = -2.41	[m]
Inerzia del muro	20.7977	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-10.3988	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	30.8554	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-15.4277	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	99.54	[kN]
-------------------	-------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	249.2588	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	510.6045	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-14.6496	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	754.1341	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1586.2496	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	510.6045	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	249.2588	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.87	[m]
Risultante in fondazione	568.1962	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	26.02	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	443.1061	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.10
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.61 Y[m]= 4.84

Raggio del cerchio R[m]= 11.98

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8.53

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 9.36

Larghezza della striscia dx[m]= 0.72

Coefficiente di sicurezza C= 1.71

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	890.44	62.18	787.54	1.53	32.01	0.000	0.000
2	2472.66	55.82	2045.53	1.27	32.01	0.000	0.000
3	3726.38	50.10	2858.84	1.12	32.01	0.000	0.000
4	4758.33	45.01	3365.37	1.01	32.01	0.000	0.000
5	5627.42	40.35	3643.15	0.94	32.01	0.000	0.000
6	6367.64	35.98	3741.40	0.88	32.01	0.000	0.000
7	7000.70	31.85	3694.69	0.84	32.01	0.000	0.000
8	7541.40	27.90	3529.16	0.81	32.01	0.000	0.000
9	8450.97	24.09	3449.61	0.78	32.01	0.000	0.000
10	8860.44	20.39	3087.15	0.76	32.01	0.000	0.000
11	9176.72	16.78	2648.88	0.75	32.01	0.000	0.000
12	9428.83	13.23	2158.15	0.74	32.01	0.000	0.000
13	10263.88	9.74	1735.91	0.73	32.01	0.000	0.000
14	8869.00	6.28	969.99	0.72	32.01	0.000	0.000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

15	3326.61	2.84	165.04	0.72	32.01	0.000	0.000
16	2885.49	-0.58	-29.28	0.72	32.01	0.000	0.000
17	2832.02	-4.01	-197.97	0.72	32.01	0.000	0.000
18	2737.66	-7.45	-354.97	0.72	32.01	0.000	0.000
19	2585.59	-10.92	-489.77	0.73	32.01	0.000	0.000
20	2374.07	-14.43	-591.58	0.74	32.01	0.000	0.000
21	2100.58	-18.00	-648.97	0.75	32.01	0.000	0.000
22	1761.60	-21.64	-649.53	0.77	32.01	0.000	0.000
23	1352.44	-25.37	-579.51	0.79	32.01	0.000	0.000
24	866.78	-29.23	-423.22	0.82	32.01	0.000	0.000
25	296.07	-33.23	-162.27	0.86	32.01	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1143.0197$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 331.0126$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 714.4199$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.32$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	2.48	31.7553	41.2819	76.2226	115.9354	64.2050	97.0844
3	4.95	78.4775	102.0207	346.5145	517.8782	152.8444	225.9391

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.00	67.2154	90.2456	130.5991	176.2907

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	3.10	-354.8117	-202.2208	-160.7151	-93.6418

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	40.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	240.64	0.00
2	2.48	100.00	64.75	21.24	21.24	178.58	-501.52	4.33	408.40	0.00
3	4.95	100.00	89.49	31.86	21.24	204.95	-1040.35	2.01	576.16	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B	H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100.00	40.00	21.24	21.24	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.48	100.00	64.75	21.24	21.24	16.98	1.45	684.92	-184.52
3	4.95	100.00	89.49	31.86	21.24	38.32	2.41	1485.63	-465.76

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	647.37	0.00
2	1.00	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	731.79	8.11	647.37	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
3	0.00	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	100.00	100.00	21.24	21.24	6.73	1.77	389.15	-77.80

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

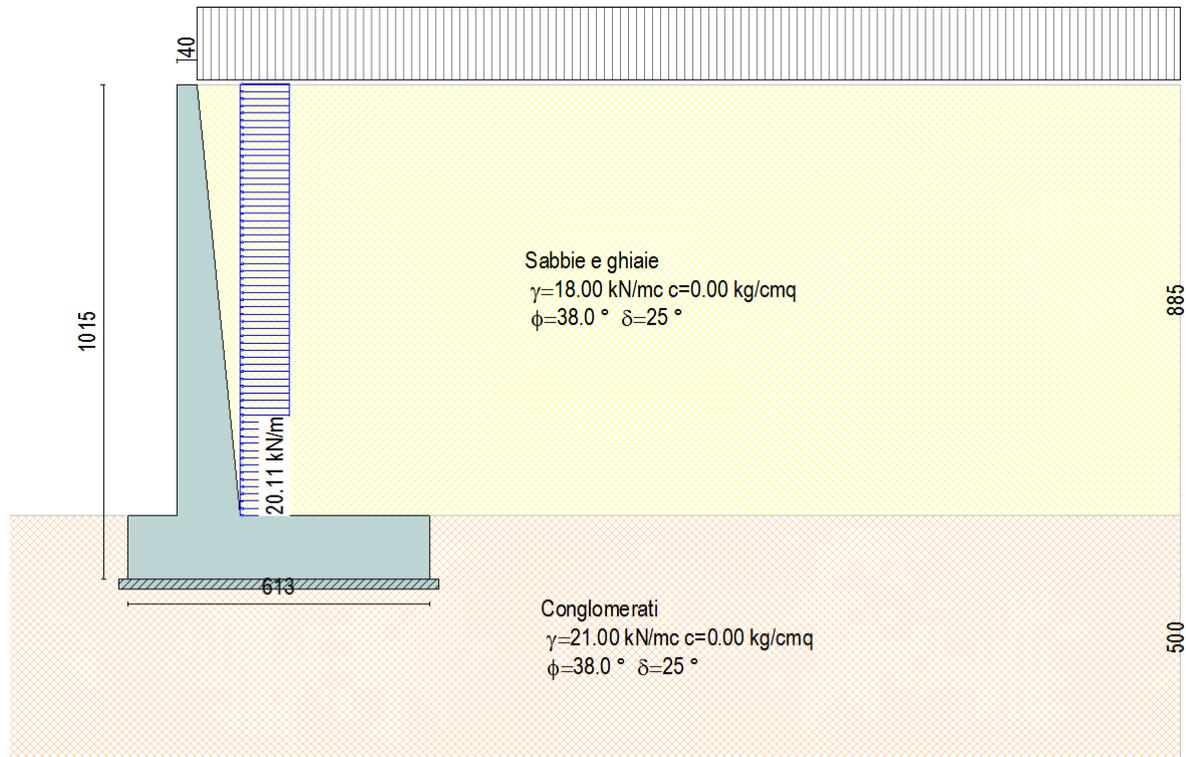
Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	647.37	0.00
2	3.10	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	-731.79	2.23	647.37	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
3	0.00	100.00	100.00	21.24	21.24	0.00	0.00	0.00	0.00
4	3.10	100.00	100.00	21.24	21.24	19.13	-1.23	-221.24	1106.62

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.3 MURO TIPO C



Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Impostazioni verifiche SLE

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	
<u>Verifica fessurazione</u>	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$ $w_2 = 0.30$ $w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure	Circ. Min. 252 (15/10/1996)
<u>Verifica delle tensioni</u>	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck} - \sigma_f < 0.80 f_{yk}$
Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$	

Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{QLIM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1.50	--	4.64	--
2	EQU - [1]	--	--	2.23	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.93
4	A1-M1 - [2]	--	1.48	--	4.19	--
5	EQU - [2]	--	--	2.17	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.79
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1.17	--	2.85	--

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1.10	--	2.55	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.74	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.58	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.60
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.57
13	SLEQ - [1]	--	1.61	--	6.08	--
14	SLEF - [1]	--	1.60	--	5.92	--
15	SLER - [1]	--	1.59	--	5.66	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Hansen
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g	2.96 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.11
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.31

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 10.35$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 5.17$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g	0.00 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 0.00$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
------------------------------------	--------------------------------

Partecipazione spinta passiva (percento)	50.0
Lunghezza del muro	20.00 [m]

Peso muro	378.3244 [kN]
Baricentro del muro	X=0.89 Y=-7.42

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 4.73 Y = -10.15
Punto superiore superficie di spinta	X = 4.73 Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	10.15 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0.00 [°]

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	201.3850 [kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	182.0236 [kN]		
Componente verticale della spinta statica	86.1588 [kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4.73 [m]	Y = -6.77 [m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33 [°]		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Incremento sismico della spinta	45.9669	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4.73	[m]	Y = -6.77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55.46	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	683.7879	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.58	[m]	Y = -4.27	[m]
Inerzia del muro	39.1382	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-19.5691	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	70.7388	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-35.3694	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	177.97	[kN]
-------------------	--------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	511.4216	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1112.9987	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-37.2977	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1112.9987	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	511.4216	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1.49	[m]
Risultante in fondazione	1224.8747	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24.68	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1658.2928	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2838.4705	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.73	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	4.7962	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.0000	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 17.03$
---------------	----------------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

 $N_q = 48.93$
 $N'_q = 13.92$
 $N_\gamma = 56.17$
 $N'_\gamma = 8.07$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

1.10

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

2.55

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	4.42	87.5108	292.4889	145.0766
3	8.85	237.2160	1475.6684	390.5101

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 8

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	1.00	202.6781	388.7917

Sollecitazioni fondazione di monte

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Combinazione n° 8

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	3.85	-1173.9220	-438.2964

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 8

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio che è capace di assorbire il cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	40.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	240.64	0.00
2	4.42	100.00	84.25	47.78	21.24	440.15	-1471.11	5.03	540.57	0.00
3	8.85	100.00	128.49	47.78	21.24	370.39	-2304.11	1.56	840.50	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 8

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	130.00	26.55	31.86	0.00	0.00	1000.00	850.73	0.00
2	1.00	100.00	130.00	26.55	31.86	0.00	1208.75	5.96	850.73	0.00

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	130.00	26.55	31.86	0.00	0.00	1000.00	850.73	0.00
2	3.85	100.00	130.00	26.55	31.86	0.00	-1445.92	1.23	850.73	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	255.6098	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	239.0452	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	90.5195	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4.73	[m]	Y = -6.77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57.27	[°]		
Incremento sismico della spinta	50.3445	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4.73	[m]	Y = -6.77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.52	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	683.7879	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.58	[m]	Y = -4.27	[m]
Inerzia del muro	39.1382	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-19.5691	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	70.7388	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-35.3694	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	177.97	[kN]
-------------------	--------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	573.9776	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1115.5218	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-28.8841	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	2693.6473	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	4253.5739	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1115.5218	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	573.9776	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1.67	[m]
Risultante in fondazione	1254.5275	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27.23	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1861.8849	[kNm]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 1.58

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2.56 Y[m]= 6.82

Raggio del cerchio R[m]= 18.48

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -12.36

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 14.62

Larghezza della striscia dx[m]= 1.08

Coefficiente di sicurezza C= 1.57

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	2221.68	64.32	2002.26	2.49	32.01	0.000	0.000
2	6119.41	57.49	5160.45	2.01	32.01	0.000	0.000
3	9146.90	51.68	7175.96	1.74	32.01	0.000	0.000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO				
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO				<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4	11625.75	46.55	8439.31	1.57	32.01	0.000	0.000
5	13710.43	41.87	9150.08	1.45	32.01	0.000	0.000
6	15487.62	37.51	9430.21	1.36	32.01	0.000	0.000
7	17013.93	33.40	9364.76	1.29	32.01	0.000	0.000
8	18452.06	29.47	9077.75	1.24	32.01	0.000	0.000
9	19755.81	25.69	8564.57	1.20	32.01	0.000	0.000
10	21592.67	22.03	8099.12	1.16	32.01	0.000	0.000
11	22638.02	18.46	7168.49	1.14	32.01	0.000	0.000
12	23376.72	14.97	6036.61	1.12	32.01	0.000	0.000
13	24214.51	11.53	4838.28	1.10	32.01	0.000	0.000
14	27098.45	8.13	3831.41	1.09	32.01	0.000	0.000
15	6730.59	4.76	558.43	1.08	32.01	0.000	0.000
16	6439.61	1.41	158.10	1.08	32.01	0.000	0.000
17	6427.98	-1.94	-217.70	1.08	32.01	0.000	0.000
18	6270.25	-5.30	-578.66	1.08	32.01	0.000	0.000
19	5964.76	-8.67	-898.92	1.09	32.01	0.000	0.000
20	5508.27	-12.07	-1151.93	1.10	32.01	0.000	0.000
21	4895.71	-15.52	-1309.85	1.12	32.01	0.000	0.000
22	4119.96	-19.02	-1343.01	1.14	32.01	0.000	0.000
23	3171.32	-22.61	-1219.07	1.17	32.01	0.000	0.000
24	2036.86	-26.29	-902.01	1.20	32.01	0.000	0.000
25	699.38	-30.09	-350.59	1.25	32.01	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 2792.1805$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 893.2438$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1745.1924$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.12$

Inviluppo Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	4.42	67.3160	87.5108	269.8555	404.6790	132.0280	195.9879
3	8.85	182.4739	237.2160	1317.2875	1927.9856	342.1589	493.5150

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.00	154.1101	231.4075	299.1239	443.6341

Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	3.85	-1269.5501	-753.5303	-504.7211	-256.6153

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	40.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	240.64	0.00
2	4.42	100.00	84.25	47.78	21.24	309.87	-1432.96	3.54	540.57	0.00
3	8.85	100.00	128.49	47.78	21.24	277.89	-2258.54	1.17	840.50	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100.00	40.00	21.24	21.24	0.00	0.00	0.00	0.00
2	4.42	100.00	84.25	47.78	21.24	29.00	2.22	841.96	-362.93
3	8.85	100.00	128.49	47.78	21.24	68.65	3.61	2563.10	-899.36

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	130.00	31.86	26.55	0.00	0.00	1000.00	850.73	0.00
2	1.00	100.00	130.00	31.86	26.55	0.00	1208.75	5.83	850.73	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
3	0.00	100.00	130.00	31.86	26.55	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	100.00	130.00	31.86	26.55	8.75	3.06	535.66	-107.31

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 3-4 - OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEFINITIVE – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000003F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	130.00	31.86	26.55	0.00	0.00	1000.00	850.73	0.00
2	3.85	100.00	130.00	31.86	26.55	0.00	-1445.92	1.23	850.73	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
3	0.00	100.00	130.00	31.86	26.55	0.00	0.00	0.00	0.00
4	3.85	100.00	130.00	31.86	26.55	40.48	-2.60	-507.67	2167.69