

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)

IL PROGETTISTA



Dott. Ing. F. Colla
Ordine Ingegneri
Milano
n° 20355



Dott. Ing. E. Pagani
Ordine Ingegneri Milano
n° 15408

IL CONTRAENTE GENERALE

Project Manager
(Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA
Direttore Generale e
RUP Validazione
(Ing. G. Fiammenghi)

STRETTO DI MESSINA
Amministratore Delegato
(Dott. P. Ciucci)

Unità Funzionale

COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA

CD0235_F0

Tipo di sistema

CENTRO DIREZIONALE

Raggruppamento di opere/attività

OPERE CIVILI EDILI

Opera - tratto d'opera - parte d'opera

VIABILITA' ACCESSO – ASSE 1-2

Titolo del documento

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE OPERE DI SOSTEGNO PROVVISORIALI E
DEFINITIVE

CODICE

C G 0 7 0 0 P C L D C C D 1 C V A 0 0 0 0 0 1 F0

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

INDICE

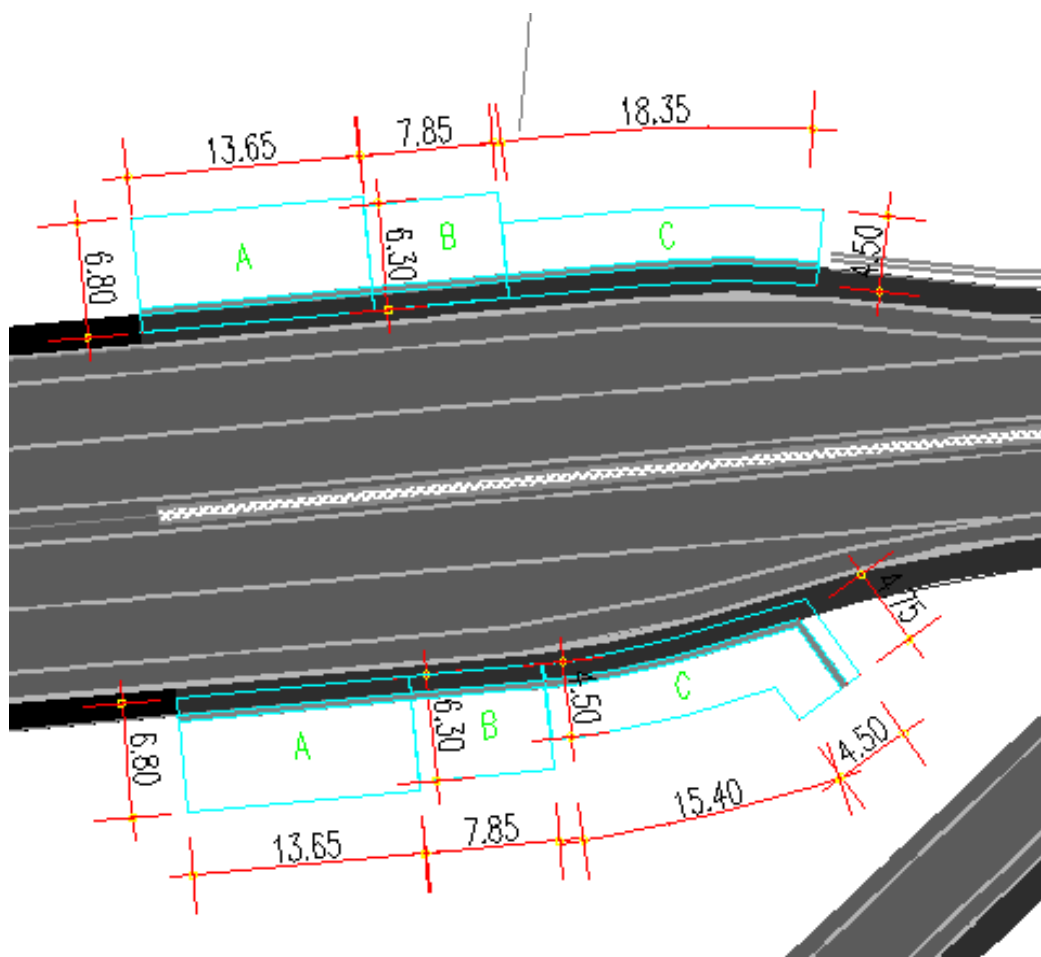
INDICE.....	3
PREMESSA.....	5
1 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	7
3 CARATTERISTICHE MATERIALI	7
4 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	7
4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA.....	8
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO.....	8
4.2.1 RIPORTO ANTROPICO.....	12
4.2.2 SABBIE E GHIAIE DI MESSINA	12
4.2.3 CONGLOMERATO DI PEZZO	13
4.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL LUOGO	15
4.3.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	15
4.3.2 PARAMETRI SISMICI DI BASE	16
4.3.3 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO	17
4.3.4 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	17
4.3.5 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA.....	24
4.3.6 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	25
4.4 CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE.....	25
5 ANALISI DEI CARICHI	27
6 MODELLO DI CALCOLO	29
6.1 PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO	29
6.2 CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI STATICHE CON RANKINE	29
6.3 CALCOLO DELLA SPINTA ATTIVA IN CONDIZIONI SISMICHE CON MONONOBE & OKABE.....	29
6.4 CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI.....	32
6.5 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	34
7 TABULATI DI CALCOLO.....	35
7.1 MURO TIPO A.....	35
7.2 MURO TIPO B.....	51
7.3 MURO TIPO C.....	67

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO</p>		<p><i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

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+60.00 e la pk.0+384.10. 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.



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

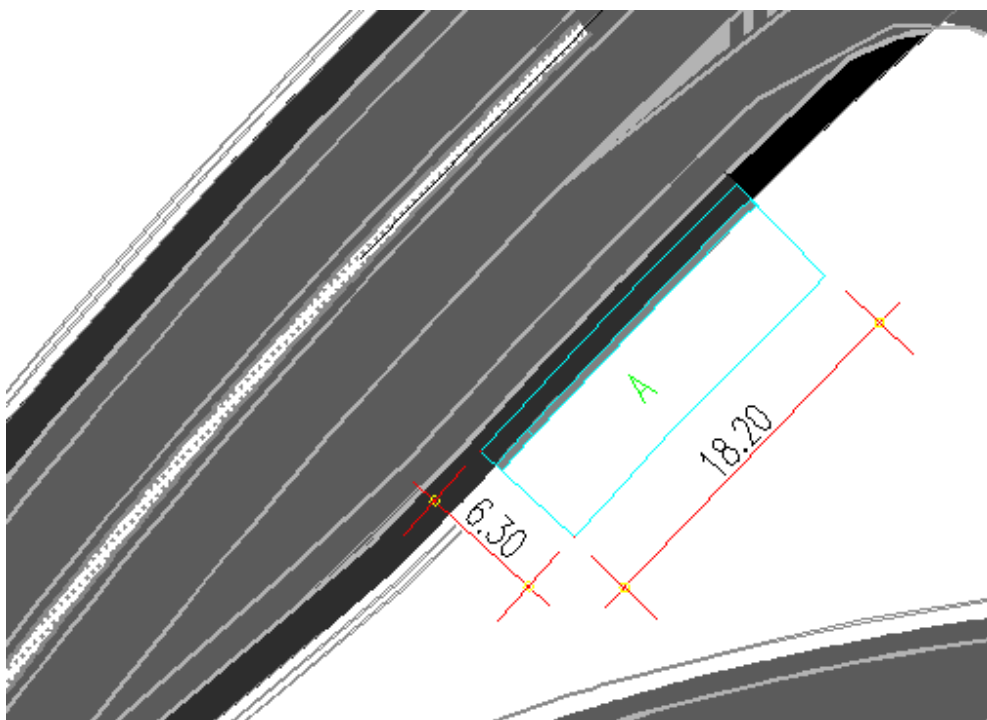


Figura: Stralcio planimetrico delle opere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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”

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 esposizione ambientale	XC2 -
Classe di resistenza	C25/30 -
Rapporto massimo acqua / cemento	0.55 -
Classe di consistenza	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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

fondazioni dirette. Entrambe le opere di imbocco si articolano complessivamente in 7 conchi strutturali separati da giunto tecnico, ricondotti a tre tipologie di calcolo di altezza 4.90 m, 6.75 m e 10.00m.

4.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E UBICAZIONE DELLA STRUTTURA

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

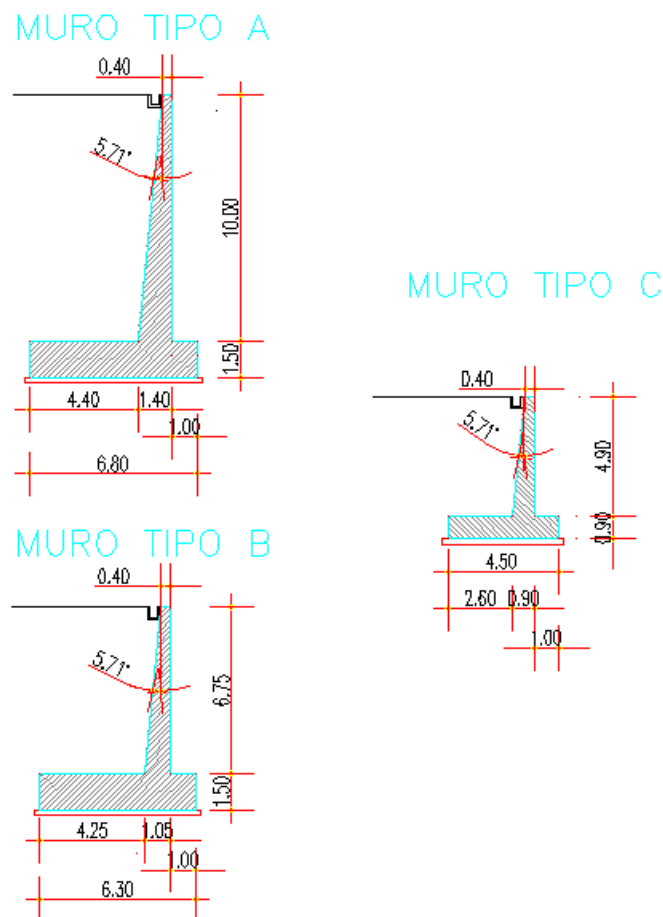


Figura 4.1: Sezioni di calcolo

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL LUOGO

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

ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento

CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0

Rev

F0

Data

20/06/2011

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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

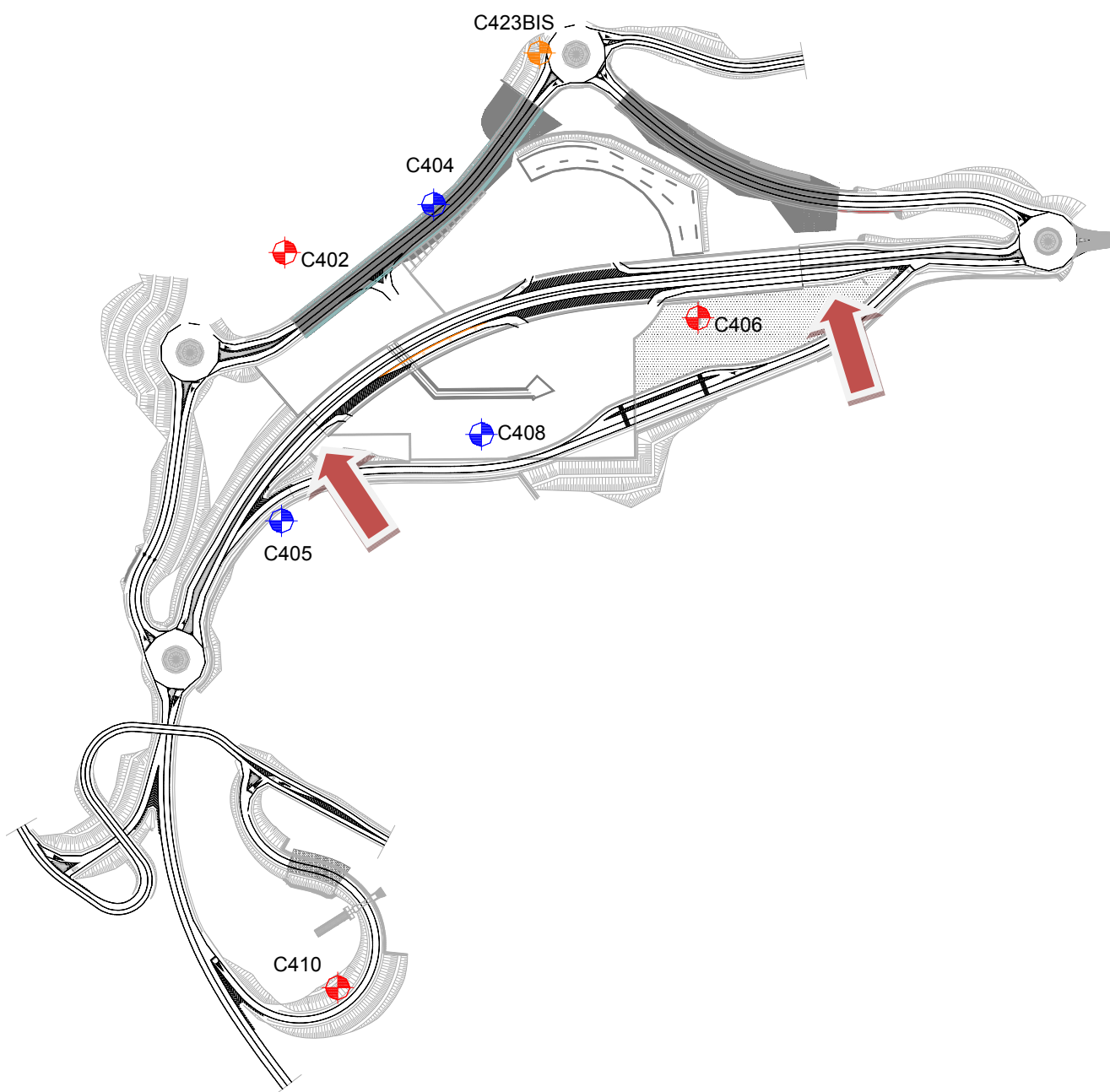


Fig. 4.2 a – Stralcio planimetrico con ubicazione delle opere e dei sondaggi

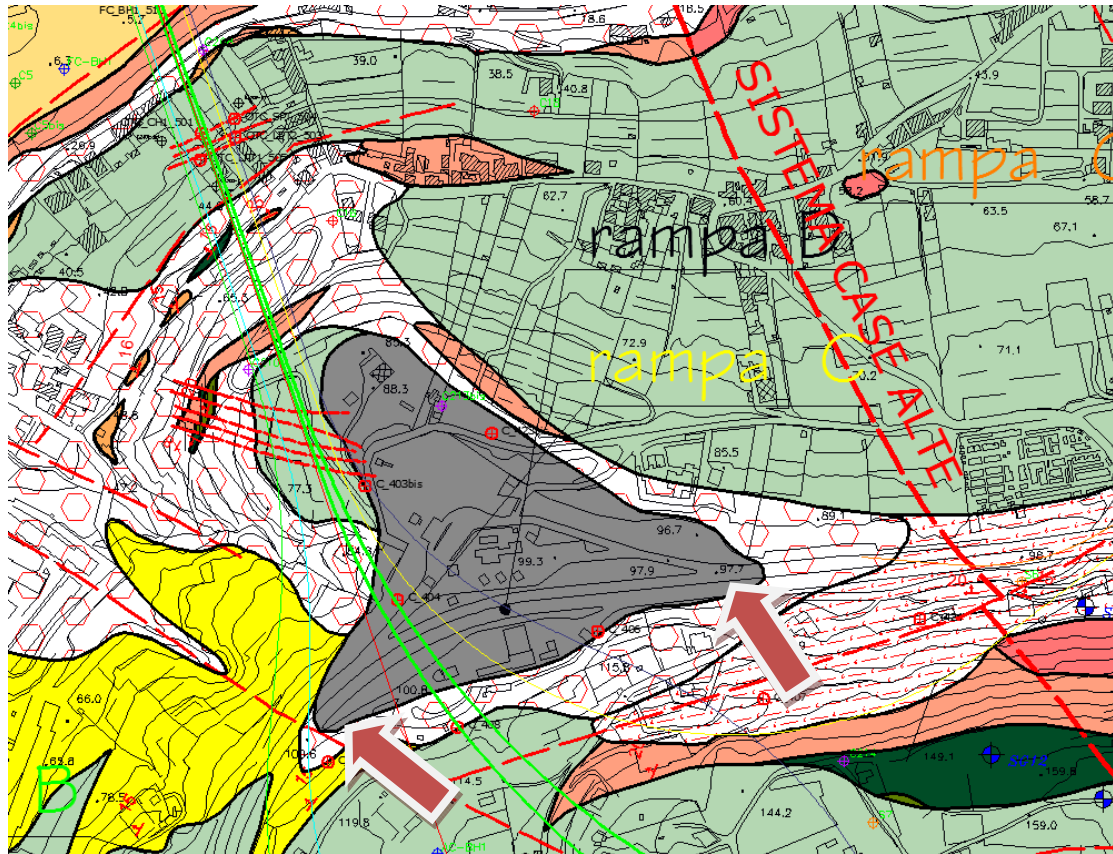
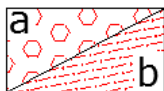


Figura 4.2 b: Stralcio della carta geologica con ubicazione della struttura



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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.2.1 RIPORTO ANTROPICO

γ (kN/m ³)	19-21
c' picco (kPa)	0
φ' picco (°)	35°
$C_{residuo}'$ (kPa)	0
φ_{cv}' (°)	33°
k_o (-)	1-sen φ'
E'	30 MPa
ν'	0.2

4.2.2 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° ($p'_{ff}=0-272$ KPa) / 35° ÷ 38° ($p'_{ff}=272-350$ KPa)
$C_{residuo}'$ (kPa)	0
φ_{cv}' (°)	33-35
k_o (-)	0.45-0.55
V_s (m/sec)	200 + 7 z
G'_o	$G'_o = 1780 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'_o}{p_a} \right)^{0.65}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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)	$10^{-4} - 10^{-5}$

4.2.3 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 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/m³)	21-23
c' piccolo (kPa)	0-100
φ' piccolo (°)	38° ÷ 42°
Cresiduo' (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	$G_o = 3000 \cdot p_a \cdot \left(\frac{p_o}{p_a} \right)^{0.50}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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)
v'	0.2-0.3
K(m/s)	10 ⁻⁷

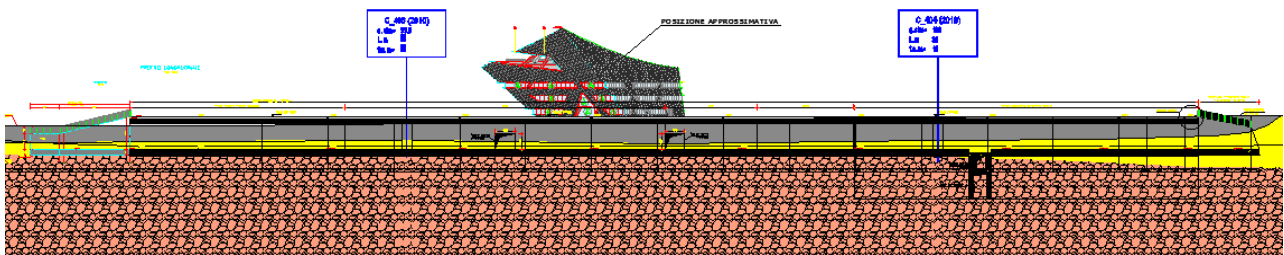


Figura 4.3: Profilo geotecnico



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)

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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_0 [-]	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_0 [-]	T_c^* [sec]
SLO	120	0.133	2.330	0.324
SLD	201	0.172	2.358	0.337

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

SLV	1898	0.444	2.488	0.421
SLC	2475	0.492	2.502	0.436

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

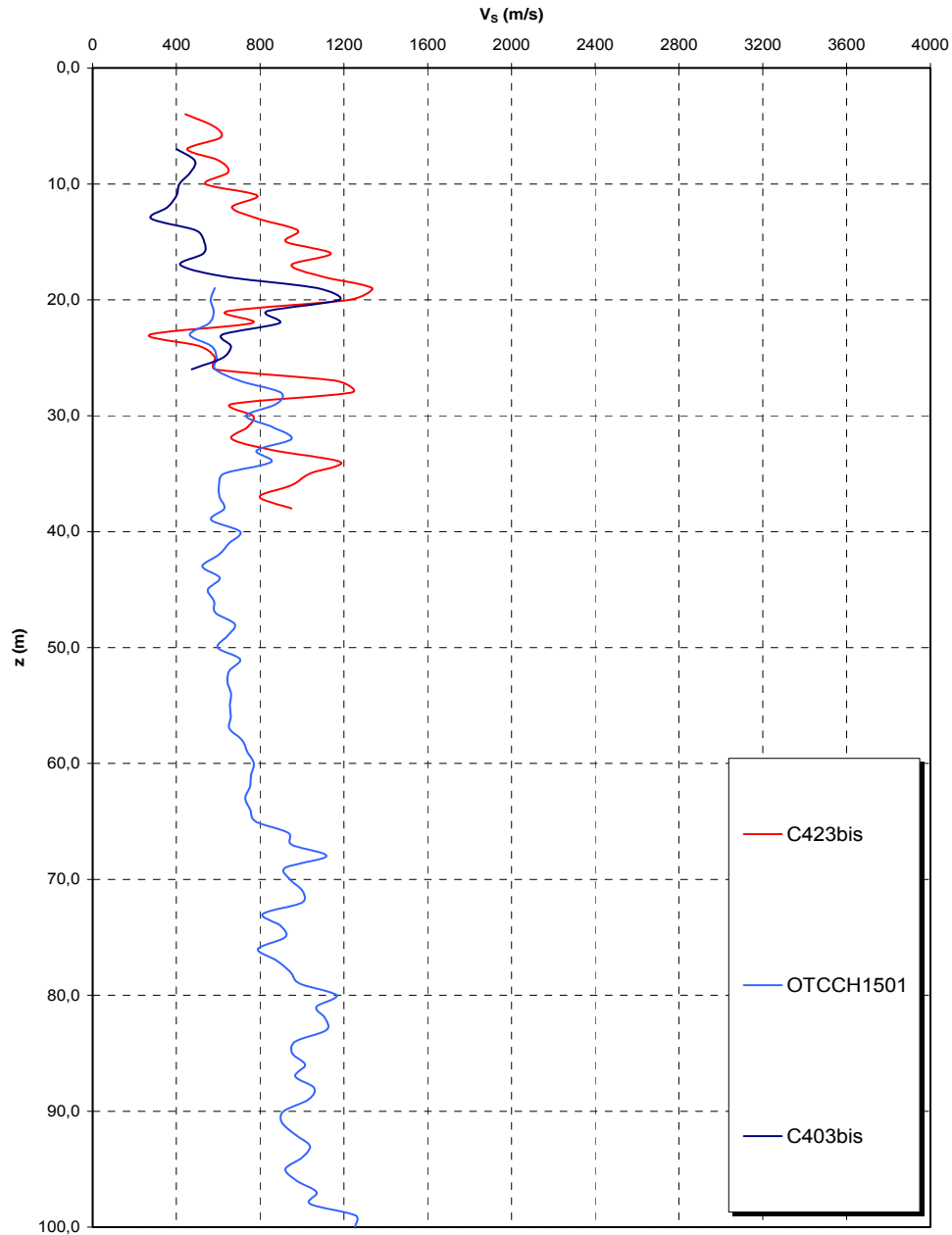
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento indicate nella Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessori massimo pari a 3m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina</i>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

	<i>media-mente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsa-mente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

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**.



Andamento delle Vs nelle verticali indagate

E' stato stimato, inoltre, il valore di $N_{spt,30}$ a partire dai dati delle prove penetrometriche in foro effettuate nei sondaggi **C404** e **C406**, ritenuti maggiormente rappresentativi per l'opera in esame, per uno spessore di 30.00 m valutato, dal piano d'imposta della platea di fondazione

□ □

ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento
CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0

Rev *F0* Data *20/06/2011*

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio	S.P.T.	Podet Test kg/cmq	Campioni	Falda	R.Q.D. %	Prova Permeab.	Prova Diaq/Press.	Rezometro CSG
		Suolo	1.00									
1		Materiale di riporto costituito da sabbia fine e ciottoli sub arrotondati di colore bruno chiaro 5YR 5/6 poco addensato			n° 1 2.20m 4/3/3							
2					n°2 3.50 m 7/16/21							
3					n°3 5.00 m 2/3/3							
4			6.50		n°4 6.50 m 2/2/3							
5		Limo argilloso di colore bruno scuro 5YR 2.5/2, da teneri a mediamente consistenti.			n°5 8.00 2/2/3						1MFA 8.00	
6			8.90									
7		Sabbia media di colore grigio chiaro 10YR 7/1 addensata con ghiaia media (di 30 mm) e ciottoli subarrotondati eterometrici (70-80 mm)			n°6 10.00 m 12/16/24		10.55 CR1			LEFRANC C.C. 10.00		
8					n°7 11.50 m 5/7/9		10.75 CR2					
9					n°8 13.00 m 17/22/23		12.00 CR3					
10			13.80				12.20					
11		Blocco granitico con alterazione da media ad elevata	14.30		n°9 14.50 m R		15.20 CR4					
12					n°10 16.00m R		15.40 CR5					
13		Granito ad intensa alterazione ridotto in sabbia grossolana di colore marrone-grigiastro 10YR6/3, talora con ghiaia subarrotondata e subangolare dell'ordine di 10-15 mm e blocchi granitici massivi a 25,00 m			n°11 18.20m 23/R		16.75 CR6				2MFA 18.00	
14					n°12 22.00m 25/R		16.90 CR7			LEFRANC C.C. 20.00		
15					n°13 24.20m R		19.40 CR8					
16					n°14 26.00m R		19.60 CR9					
17					n°15 27.50m 12/23/41		20.50 CR10					
18							20.65					
19							22.30 CR11					
20							22.45 CR12					
21							23.45 CR13					
22							23.50 CR14					
23							24.65 CR15					
24							24.85					
25												
26												
27												
28												
29												
30			30.00									

Colonna stratigrafica Sondaggio C404

**ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV.
E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO**

Codice documento
CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0

Rev F0
Data 20/06/2011

Prof. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	Campioni	SPT		N	F ₁₀ (kg)	C ₁₀₀	RQD % 0 -- 100	P ₂
				S.P.T.	N					
0.3		Materiale di riporto costituito da bitume (5 cm), ghiaia con sabbia, debolmente limosa di colore grigio chiaro. Presenza di rari ciottoli sub-arrotondati.								
1.5		Sabbia da media a grossolana con ghiaia grossa moderatamente addensata. Presenza di ciottoli (6-8 cm) sub-arrotondati. Colore marrone-bruno. Presenza di frustoli vegetali.	SPT 1 = 1,26 1,85	10-67	15					
2.1		Sabbia da media a grossolana con ciottoli (3-5 cm) da sub-angolari a sub-arrotondati, ghiaiosa di colore grigio scuro. Manifesta odorazione di gasolio.								
2.6		Sabbia media sciolta debolmente ghiaiosa-limosa di colore grigio-marrone. Presenza di ciottoli (3-5 cm) sub-angolari.	SPT 2 = 3,00 2,15	27-RF3cn	Ra					
4.7		Sabbia quarzoso-micacea debolmente ghiaiosa molto addensata, di colore grigio-avana, presenza di rari ciottoli (2-3 cm). A m 2.90 grosso ciottolo di granito poco alterato (8-10 cm), è riconoscibile ancora la struttura cristallina del granito.	SPT 3 = 4,56 4,50	RF3cn	Ra					
5.0		A m 4.25 ciottoli di scisti biotitici di colore grigio scuro, si presentano ossidati. A m 4.60-4.70 ciottoli di granito non alterati (4-5 cm).								
5.6		Sabbia da fine a media con ciottoli di granito e gneiss biotitico poco alterato.	SPT 4 = 5,88 5,07	26-RF3cn	Ra					
6.4		Sabbia media quarzoso-micacea con ghiaia quarzosa cementata grigio chiaro-ocra. Struttura granitica poco riconoscibile.								
7.5		Sabbia media quarzoso-micacea, di provenienza dall'alterazione di un granito, con ciottoli di granito non alterati (5-7 cm) sub-angolari. Presenti zone di ossidazione.								
8.1		Sabbia da fine a media ghiaiosa debolmente limosa di colore grigio-avana, con clasti di graniti, quarzo e gneiss biotitici sub-angolari. A m 6.60-6.70 presenza di ciottoli di gneiss biotitico (4-6 cm).								
8.1		Ciottoli di granito poco alterato, immersi in una matrice quarzoso-micacea debolmente sabbiosa.								
9.0		Sabbia media quarzoso-micacea, di provenienza dall'alterazione del granito. E' ancora riconoscibile la struttura cristallina del granito. A m 9.10-9.60 ciottoli di granito poco alterati con fratture (i=0°, i=45°, i=90°). Inoltre, sono visibili piccole fratture con pochissimo materiale di riempimento (spessore < 5 mm). A m 10.50-10.80 livello di ciottoli di granito da sub-angolari a sub-arrotondati debolmente sabbioso.								
11.4		Conglomerato costituito da blocchi e ciottoli di granito, gneiss biotitico e quarzo, da sub-angolari a sub-arrotondati, immersi in una matrice da sabbiosa a debolmente sabbiosa, cementata a tratti debolmente cementata. I minerali feniici si presentano ossidati. A m 12.40-12.55 ciottolo di quarzo di colore bianco con venature di colore verde.								
14.6		Ciottoli e blocchi di gneiss grigio scuro, con venature bianche, immersi in poca matrice debolmente sabbiosa. E' una roccia moderatamente alterata con qualche principio di ossidazione dei minerali feniici.								
15.6		Trovante di granito di colore grigio-bianco a grana media. Nel tratto terminale del trovante sono riconoscibili fratture (i=45°, i=0°) senza materiale di riempimento. Le fratture si presentano poco rugose, con superfici fortemente ossidate.								
16.3		Granito alterato in sabbia e ghiaia, quarzoso-micacea, di colore grigio scuro. Presenti rari ciottoli di granito poco alterato, da spigolosi a sub-angolari.								
17.0		Blocchi di granito a grana grossa con poca matrice, debolmente sabbiosa. Sono presenti fratture (i=30°, i=45° e i=60°) con poco materiale di riempimento (< 5 mm). Le superfici delle fratture sono alterate e ossidate.								
17.9		Conglomerato costituito da blocchi e ciottoli di gneiss biotitico e granito, da spigolosi a sub-angolari, immersi in una matrice sabbiosa poco cementata, a tratti non cementata di colore grigio-marrone. A m 18.65-18.90 blocco di granito a grana media, non alterato, con fratture (i=45°, i=60°) senza materiale di riempimento. A m 19.35-19.60 blocco di granito a grana media con frattura (i=60°) con materiale di riempimento avente spessore inferiore a 5 mm. A m 19.80-20.00, 20.15-20.35, 21.65-22.00 blocco di granito non alterato a grana media. Presente una frattura con i=0°, aperta e con poco materiale di riempimento.								
19.0										
20.0										
21.0										
22.0										
23.0										
24.0		Conglomerato a struttura matrice-sostenuto, costituita da sabbia e ghiaia di colore grigio-verde, da mediamente cementata a cementata, con sporadici clasti costituiti da ciottoli di granito e gneiss.	C.L.1 = 3,41 2,84							

ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO

Codice documento

CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0

Rev

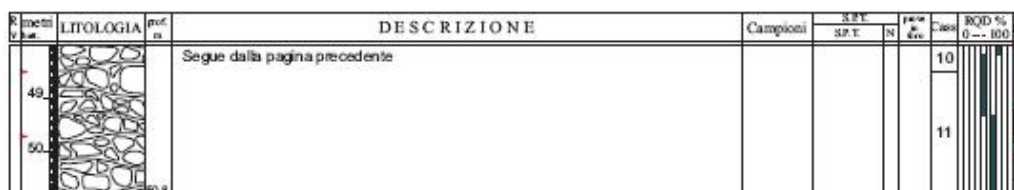
F0

Data

20/06/2011

Prof. (m)	LITOLOGIA	prof. (m)	DESCRIZIONE	Campioni	SPT		N	Clas	RQD % 0 --- 100	Pr
					SPT	N				
25			Segue dalla pagina precedente							
26		28.7								
27		28.0	Conglomerato a struttura clasto-sostenuta, costituita da ghiaia e ciottoli di granito e gneiss biotitici. Colore bruno.							
28		29.1	Conglomerato a struttura matrice-sostenuta, costituito da sabbia eterogenea ghiaiosa, da mediamente cementata a cementata. Colore grigio-verde. A m 28.90+29.00 Ciottolo di gneiss occhiadino poco alterato.							
29		30.1	Granito alterato in ghiaia e sabbia grossolana, da poco cementata nella porzione superiore, a cementata nella porzione basale. Presenza di ciottoli di quarzo e gneiss biotitici a tratti ossidati.							
30		31.4	Conglomerato a struttura matrice-sostenuta, costituito da sabbia media con ghiaia eterogenea cementata. Presenza di rari ciottoli di granito e quarzo. A m 30.45 presenza di un'apertura (2 cm) riempita da materiale mineralizzato di colore nero lucente (derivazione organica?).							
31			Conglomerato clasto-sostenuto costituito da ghiaia e ciottoli di granito, gneiss e quarzo, immersi in una matrice sabbiosa moderatamente cementata di colore grigio-verde. Presenza di rari blocchi di granito. A m 31.90+32.50 aumento della matrice sabbiosa del conglomerato e diminuzione dei clasti. A 32.50+33.30 trovante di granito a grana da media a grossa con fratture (i=30°, i=45°) con poco materiale di riempimento (spessore < 5 mm).							
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



Colonna stratigrafica Sondaggio C406

Dai sondaggi analizzati si evidenzia l'assenza di falda.

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Pertanto si ha:

- Per $H > 5.00$ m:

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

- Per $H \leq 5.00$ m:

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

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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.

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1. rottura per capacità portante del terreno
2. rottura per scorrimento orizzontale
3. rottura per ribaltamento
4. rottura per instabilità globale
5. 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.

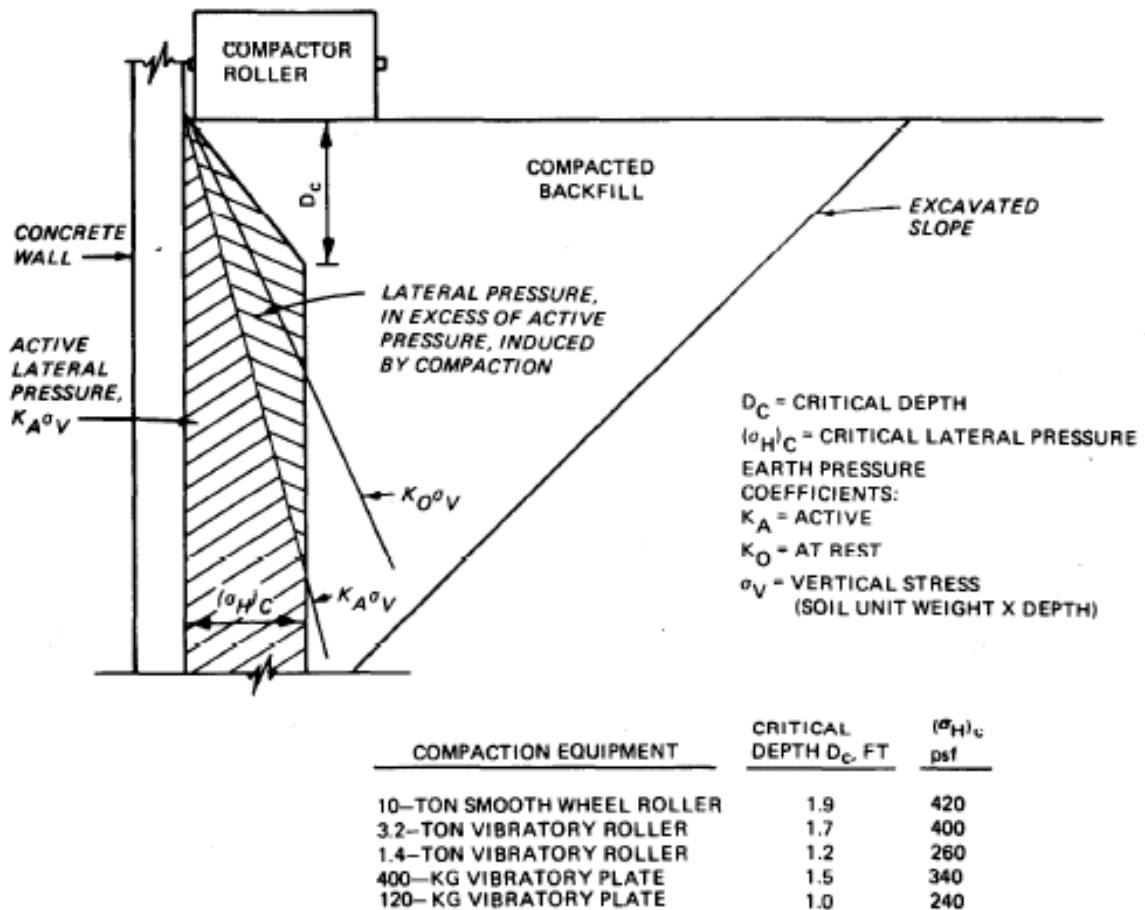
L'entità delle spinte delle terre esercitate sulle opere di sostegno è stata definita sulla base di specifiche considerazioni in merito sia alle modalità costruttive, sia agli spostamenti delle opere stesse. Per le opere di sostegno tradizionali si sono applicati i criteri di analisi semplificati e le 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 sovrappinta 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. Le strutture sono state inoltre verificate anche in fase 2, prevedendo la futura realizzazione a monte del centro congressi e del cinema multiplex attraverso una sovraccarico permanente distribuito assunto cautelativamente pari a 100 KPa.



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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$K_h = \beta_m S_s S_t a_g/g ; K_h = \pm 0.5 K_h$$

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:

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

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:

$$P_q = K_A \times Q \times \sin \beta / \sin(\beta + \varepsilon)$$

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

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

Con punto di applicazione ad $H/2$, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Muller-Breslau.

Spinta attiva in condizioni sismiche

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

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

dove:

H altezza muro

k_v coefficiente sismico verticale

γ peso per unità di volume del terreno

K coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico)

E_{ws} spinta idrostatica dell'acqua

E_{wd} spinta idrodinamica.

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

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

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:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$ 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.

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

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':

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

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

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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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.

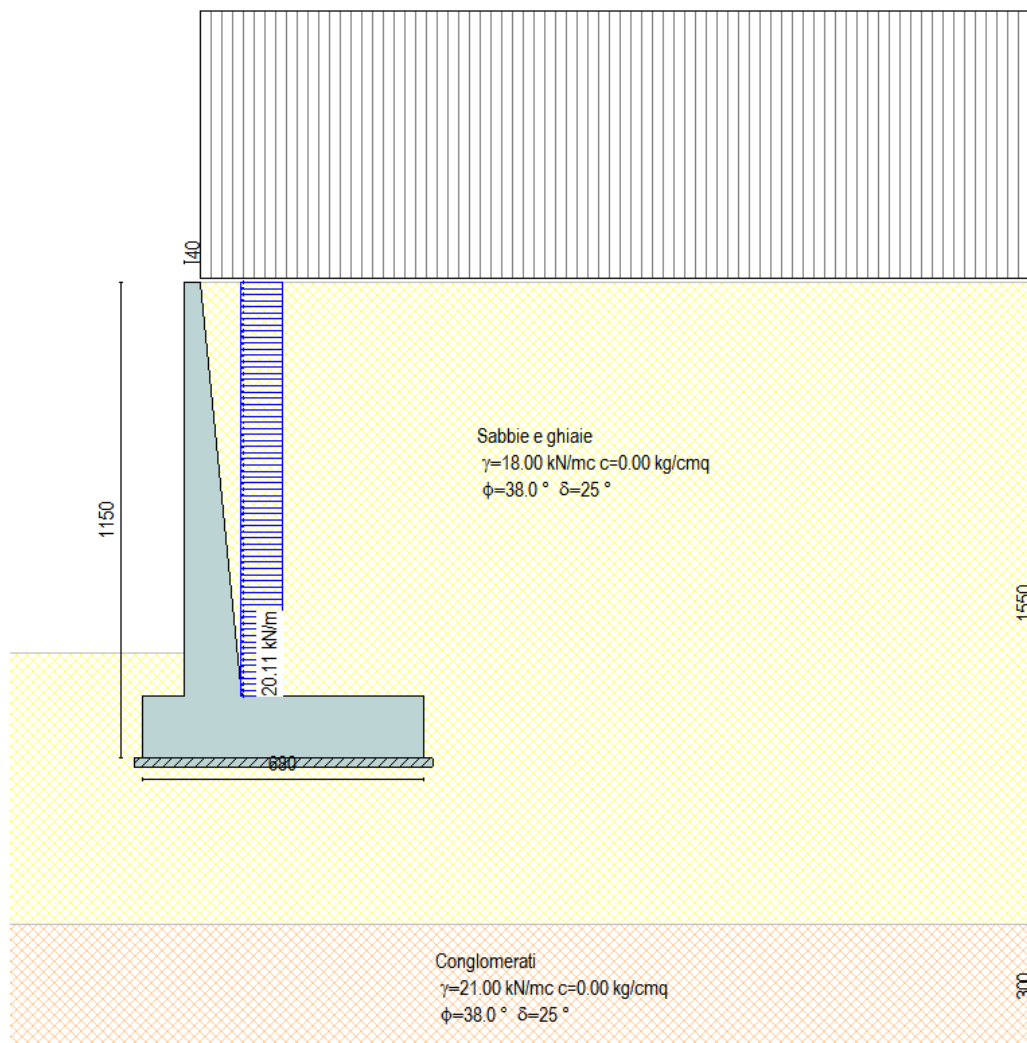
$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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]	--	1.76	--	5.47	--
2	EQU - [1]	--	--	2.29	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	2.17
4	A1-M1 - [2]	--	1.72	--	4.94	--
5	EQU - [2]	--	--	2.22	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	2.00
7	A1-M1 - [3]	--	1.62	--	3.73	--
8	EQU - [3]	--	--	2.10	--	--
9	STAB - [3]	--	--	--	--	1.71
10	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1.14	--	1.94	--
11	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1.19	--	2.08	--
12	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.47	--	--
13	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.58	--	--
14	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.43
15	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.41
16	SLEQ - [1]	--	1.70	--	4.83	--
17	SLEF - [1]	--	1.69	--	4.74	--
18	SLER - [1]	--	1.68	--	4.60	--

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 5.40	[m]	Y = -6.72	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55.46	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1421.9801	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.94	[m]	Y = -4.83	[m]
Inerzia del muro	48.6956	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-24.3478	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	147.1058	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-73.5529	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	201.10	[kN]
-------------------	--------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	959.8805	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	2061.2693	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-123.0069	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	2061.2693	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	959.8805	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1.62	[m]
Risultante in fondazione	2273.8077	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24.97	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3347.0012	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	4002.6959	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.33	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	7.8891	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.0000	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 17.67$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 14.13$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$N_y = 56.17$$

$$N'_y = 7.81$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.14

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 1.94

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 10

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	2.50	41.7981	166.0975	136.3141
3	5.00	103.4483	719.6359	304.7362
4	7.50	184.9504	1743.3233	505.2396
5	10.00	286.3045	3319.8351	737.6321

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 10

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	0.50	89.0866	350.2966
3	1.00	344.2469	664.2952

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 10

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	2.20	-757.2342	-658.3599
3	4.40	-2458.5240	-771.1455

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 10

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	2.50	100.00	65.00	21.24	26.55	123.10	-489.19	2.95	410.09	0.00
3	5.00	100.00	89.99	79.64	26.55	349.71	-2432.73	3.38	579.54	0.00
4	7.50	100.00	114.99	79.64	26.55	340.66	-3210.98	1.84	748.99	0.00
5	10.00	100.00	139.99	84.95	26.55	364.83	-4230.38	1.27	918.44	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 10

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	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	1000.00	986.30	0.00
2	0.50	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	1683.77	18.90	986.30	0.00
3	1.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	1683.77	4.89	986.30	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	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	1000.00	986.30	0.00
2	2.20	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	-1683.77	2.22	986.30	0.00
3	4.40	100.00	150.00	31.86	53.09	0.00	-2783.19	1.13	986.30	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

COMBINAZIONE n° 12

Valore della spinta statica	643.6564	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	601.9447	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	227.9389	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 5.40	[m]	Y = -6.72	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57.27	[°]		
Incremento sismico della spinta	126.7735	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 5.40	[m]	Y = -6.72	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.52	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1421.9801	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.94	[m]	Y = -4.83	[m]
Inerzia del muro	48.6956	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-24.3478	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	147.1058	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-73.5529	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	201.10	[kN]
-------------------	--------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1117.4040	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	2067.6229	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-95.2590	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	6257.0576	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	9209.0111	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	2067.6229	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1117.4040	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1.97	[m]
Risultante in fondazione	2350.2459	[kN]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	28.39	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4077.8561	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.47
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 15

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]= -2.90 Y[m]= 7.73

Raggio del cerchio R[m]= 20.94

Ascissa a valle del cerchio X_i[m]= -15.58

Ascissa a monte del cerchio X_s[m]= 16.57

Larghezza della striscia dx[m]= 1.29

Coefficiente di sicurezza C= 1.41

Le strisce sono numerate da monte verso valle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	16250.91	64.17	14627.14	2.95	32.01	0.000	0.000
2	21727.87	57.04	18230.12	2.36	32.01	0.000	0.000
3	25943.83	51.00	20163.38	2.04	32.01	0.000	0.000
4	29373.83	45.69	21018.27	1.84	32.01	0.000	0.000
5	32241.17	40.84	21084.95	1.70	32.01	0.000	0.000
6	34669.94	36.33	20540.29	1.60	32.01	0.000	0.000
7	36737.58	32.07	19506.01	1.52	32.01	0.000	0.000
8	38495.97	28.00	18072.91	1.46	32.01	0.000	0.000
9	40381.63	24.08	16475.98	1.41	32.01	0.000	0.000
10	42502.95	20.28	14729.24	1.37	32.01	0.000	0.000
11	43515.33	16.56	12405.86	1.34	32.01	0.000	0.000
12	44315.21	12.92	9910.70	1.32	32.01	0.000	0.000
13	47716.79	9.33	7739.35	1.30	32.01	0.000	0.000
14	16900.98	5.78	1702.73	1.29	32.01	0.000	0.000
15	10004.63	2.25	393.21	1.29	32.01	0.000	0.000
16	10030.72	-1.27	-222.10	1.29	32.01	0.000	0.000
17	9869.76	-4.79	-824.97	1.29	32.01	0.000	0.000
18	9519.90	-8.34	-1380.68	1.30	32.01	0.000	0.000
19	8977.01	-11.92	-1853.56	1.31	32.01	0.000	0.000
20	8234.47	-15.54	-2206.25	1.33	32.01	0.000	0.000
21	7282.70	-19.23	-2398.79	1.36	32.01	0.000	0.000
22	6108.50	-23.01	-2387.45	1.40	32.01	0.000	0.000
23	4693.99	-26.89	-2123.12	1.44	32.01	0.000	0.000
24	3014.94	-30.92	-1549.02	1.50	32.01	0.000	0.000
25	1038.10	-35.12	-597.19	1.57	32.01	0.000	0.00

$$\Sigma W_i = 5389.3175 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1971.7271 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 3368.4770 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 4.34$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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	2.50	32.1524	41.7981	78.0534	199.1037	66.2976	164.9057
3	5.00	79.5756	103.4483	366.9033	868.6491	164.6406	372.3282
4	7.50	142.2695	184.9504	948.5842	2116.7685	295.0288	622.2312
5	10.00	220.2343	286.3045	1905.1033	4051.5496	457.2573	914.3530

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	0.50	48.2660	112.7630	190.3971	442.4177
3	1.00	187.7304	433.7834	364.7939	833.0295

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]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	2.20	-766.5968	-414.9184	-696.9061	-325.5915
3	4.40	-2815.4689	-1205.4414	-994.0949	-341.4381

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	2.50	100.00	65.00	21.24	26.55	108.00	-485.10	2.58	410.09	0.00
3	5.00	100.00	89.99	79.64	26.55	310.78	-2423.91	3.00	579.54	0.00
4	7.50	100.00	114.99	79.64	26.55	304.80	-3198.79	1.65	748.99	0.00
5	10.00	100.00	139.99	84.95	26.55	328.44	-4214.45	1.15	918.44	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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	2.50	100.00	65.00	21.24	26.55	29.28	2.56	1291.61	-310.40
3	5.00	100.00	89.99	79.64	26.55	47.35	3.98	1100.12	-614.93
4	7.50	100.00	114.99	79.64	26.55	75.07	5.03	2016.44	-998.02
5	10.00	100.00	139.99	84.95	26.55	100.09	5.91	2888.93	-1355.56

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/cm ²]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cm ²]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cm ²]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cm ²]
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)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	1000.00	986.30	0.00
2	0.50	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	1683.77	18.31	986.30	0.00
3	1.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	1683.77	4.73	986.30	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
4	0.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.50	100.00	150.00	31.86	31.86	2.63	2.16	155.02	-33.40
6	1.00	100.00	150.00	31.86	31.86	10.27	4.17	605.74	-130.50

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

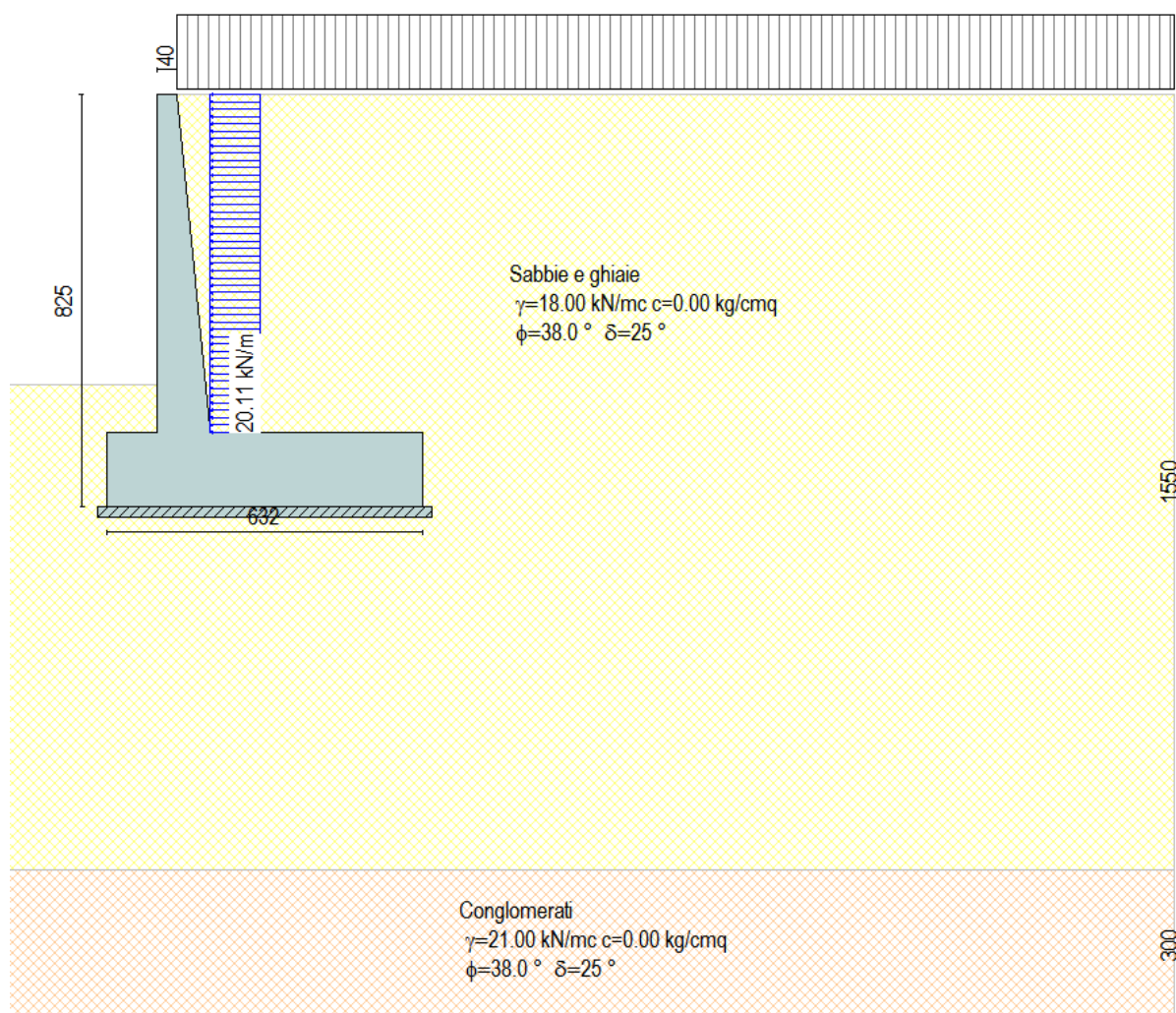
Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	1000.00	986.30	0.00
2	2.20	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	-1683.77	2.22	986.30	0.00
3	4.40	100.00	150.00	53.09	31.86	0.00	-2783.19	1.13	986.30	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
4	0.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	0.00	0.00
5	2.20	100.00	150.00	31.86	31.86	19.52	-3.20	-248.15	1151.84
6	4.40	100.00	150.00	53.09	31.86	47.84	-3.47	-631.45	2067.73

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO	<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.2 MURO TIPO B



Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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]	--	2.09	--	9.55	--
2	EQU - [1]	--	--	3.15	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	2.66
4	A1-M1 - [2]	--	2.03	--	8.57	--
5	EQU - [2]	--	--	3.09	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	2.34
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1.37	--	4.04	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1.31	--	3.92	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2.20	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.99	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.55
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.52
13	SLEQ - [1]	--	2.01	--	8.10	--
14	SLEF - [1]	--	2.00	--	7.94	--
15	SLER - [1]	--	1.99	--	7.69	--

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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	354.6455	[kN]		
Baricentro del muro	X=1.15	Y=-6.26		
<u>Superficie di spinta</u>				
Punto inferiore superficie di spinta	X = 4.92	Y = -8.25		
Punto superiore superficie di spinta	X = 4.92	Y = 0.00		
Altezza della superficie di spinta	8.25	[m]		
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[°]		
<u>COMBINAZIONE n° 8</u>				
Valore della spinta statica	311.5195	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	281.5696	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	133.2777	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4.92	[m]	Y = -4.71	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	25.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	60.71	[°]		
Incremento sismico della spinta	71.1055	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4.92	[m]	Y = -4.71	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55.46	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1049.8699	[kN]		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.63	[m]	Y = -3.29	[m]
Inerzia del muro	36.6886	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-18.3443	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	108.6105	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-54.3052	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	135.74	[kN]
-------------------	--------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	626.8804	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1495.5648	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-113.5484	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1495.5648	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	626.8804	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.89	[m]
Risultante in fondazione	1621.6329	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22.74	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1323.7177	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	5868.8575	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	6.32	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	4.4356	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.3867	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 20.84$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 16.45$
$N_\gamma = 56.17$	$N'_\gamma = 9.89$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.31
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.92

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	1.69	26.0362	73.6240	88.4844
3	3.38	61.1175	311.5281	191.6126
4	5.06	105.2439	739.1515	309.3578
5	6.75	158.4153	1381.9206	441.6325

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	0.50	48.4689	191.2598
3	1.00	188.6441	366.8251

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	2.13	-397.1180	-326.5109
3	4.25	-1186.8705	-369.5385

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	1.69	100.00	56.87	21.24	21.24	150.88	-426.64	5.79	355.02	0.00
3	3.38	100.00	73.75	47.78	21.24	238.47	-1215.51	3.90	469.40	0.00
4	5.06	100.00	90.62	47.78	21.24	217.05	-1524.42	2.06	583.78	0.00
5	6.75	100.00	107.49	47.78	21.24	210.43	-1835.67	1.33	698.16	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	1000.00	986.30	0.00
2	0.50	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	1683.77	34.74	986.30	0.00
3	1.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	1683.77	8.93	986.30	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	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	1000.00	986.30	0.00
2	2.13	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	-1683.77	4.24	986.30	0.00
3	4.25	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	-1683.77	1.42	986.30	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	395.3990	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	369.7754	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	140.0232	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4.92	[m]	Y = -4.71	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57.27	[°]		
Incremento sismico della spinta	77.8771	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4.92	[m]	Y = -4.71	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.52	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1049.8699	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.63	[m]	Y = -3.29	[m]
Inerzia del muro	36.6886	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-18.3443	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	108.6105	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-54.3052	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	135.74	[kN]
-------------------	--------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	723.6473	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1499.4678	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-87.9342	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	3105.6523	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	6193.7416	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1499.4678	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	723.6473	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	1.10	[m]
Risultante in fondazione	1664.9532	[kN]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	25.76	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1653.9248	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.99
--	------

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]= -2.21 Y[m]= 6.63

Raggio del cerchio R[m]= 16.50

Ascissa a valle del cerchio X_i[m]= -13.07

Ascissa a monte del cerchio X_s[m]= 12.91

Larghezza della striscia dx[m]= 1.04

Coefficiente di sicurezza C= 1.52

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	12481.41	62.23	11043.48	2.23	32.01	0.000	0.000
2	15801.26	55.40	13006.65	1.83	32.01	0.000	0.000
3	18397.10	49.44	13977.58	1.60	32.01	0.000	0.000
4	20518.21	44.15	14292.09	1.45	32.01	0.000	0.000
5	22292.35	39.30	14120.33	1.34	32.01	0.000	0.000
6	23792.32	34.77	13569.15	1.27	32.01	0.000	0.000
7	25064.28	30.48	12713.65	1.21	32.01	0.000	0.000
8	26467.78	26.37	11756.55	1.16	32.01	0.000	0.000
9	28075.78	22.40	10700.70	1.12	32.01	0.000	0.000
10	28817.19	18.55	9166.65	1.10	32.01	0.000	0.000
11	29411.39	14.78	7501.74	1.07	32.01	0.000	0.000
12	30053.68	11.07	5771.26	1.06	32.01	0.000	0.000
13	25031.97	7.41	3229.22	1.05	32.01	0.000	0.000
14	8480.33	3.78	559.51	1.04	32.01	0.000	0.000
15	7752.90	0.17	22.89	1.04	32.01	0.000	0.000
16	7696.16	-3.44	-462.33	1.04	32.01	0.000	0.000
17	7513.50	-7.07	-924.91	1.05	32.01	0.000	0.000
18	7202.69	-10.73	-1340.61	1.06	32.01	0.000	0.000
19	6759.79	-14.43	-1684.25	1.07	32.01	0.000	0.000
20	6178.90	-18.19	-1928.99	1.09	32.01	0.000	0.000
21	5451.72	-22.04	-2045.65	1.12	32.01	0.000	0.000
22	4566.91	-25.99	-2001.57	1.16	32.01	0.000	0.000
23	3508.99	-30.09	-1759.18	1.20	32.01	0.000	0.000
24	2256.63	-34.36	-1273.66	1.26	32.01	0.000	0.000
25	779.68	-38.87	-489.25	1.33	32.01	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 3671.2066 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1250.5743 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 2294.6088 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.48$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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	1.69	20.0279	26.0362	33.5385	88.0304	41.2359	106.6399
3	3.38	47.0135	61.1175	150.9736	374.3931	97.0725	232.6714
4	5.06	80.9568	105.2439	377.5348	892.3474	167.5097	378.0580
5	6.75	121.8579	158.4153	738.4432	1675.1353	252.4542	542.6806

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	0.50	25.9806	57.8300	102.6568	228.0217
3	1.00	101.3912	224.7233	197.7200	436.2530

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]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	2.13	-481.7378	-178.3197	-395.0783	-145.4270
3	4.25	-1427.8341	-520.9100	-436.2383	-153.6943

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	1.69	100.00	56.87	21.24	21.24	143.49	-424.94	5.51	355.02	0.00
3	3.38	100.00	73.75	47.78	21.24	226.82	-1212.66	3.71	469.40	0.00
4	5.06	100.00	90.62	47.78	21.24	206.20	-1520.93	1.96	583.78	0.00
5	6.75	100.00	107.49	47.78	21.24	199.66	-1831.37	1.26	698.16	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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	21.24	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.69	100.00	56.87	21.24	21.24	17.02	1.94	663.43	-176.37
3	3.38	100.00	73.75	47.78	21.24	34.85	3.13	971.93	-425.60
4	5.06	100.00	90.62	47.78	21.24	57.78	4.01	1826.06	-726.07
5	6.75	100.00	107.49	47.78	21.24	80.64	4.73	2812.99	-1033.91

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)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	1000.00	986.30	0.00
2	0.50	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	1683.77	32.79	986.30	0.00
3	1.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	1683.77	8.41	986.30	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
4	0.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.50	100.00	150.00	31.86	31.86	1.50	1.24	88.25	-19.01
6	1.00	100.00	150.00	31.86	31.86	5.90	2.42	347.96	-74.96

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

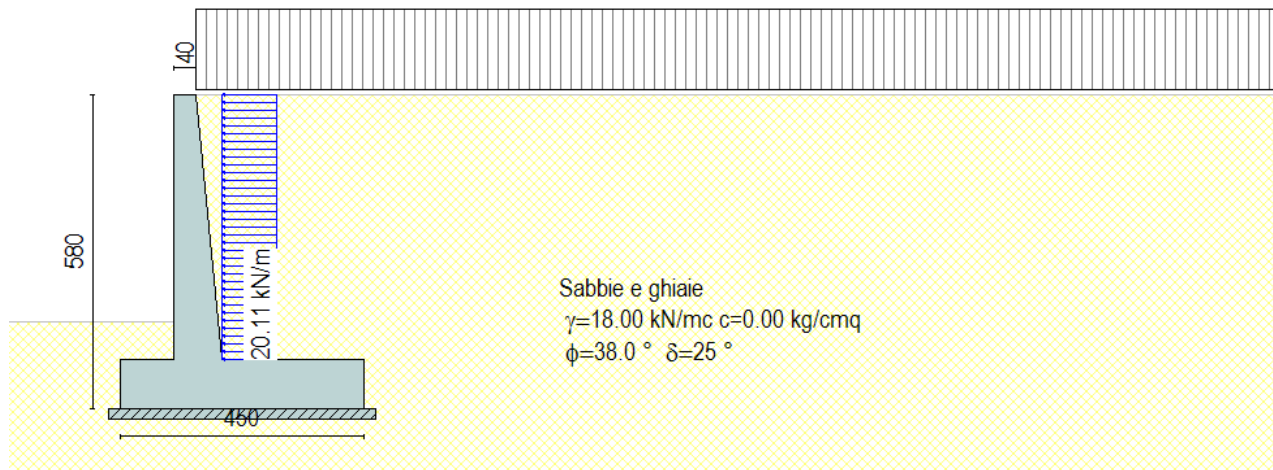
Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	1000.00	986.30	0.00
2	2.13	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	-1683.77	4.24	986.30	0.00
3	4.25	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	-1683.77	1.42	986.30	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
4	0.00	100.00	150.00	31.86	31.86	0.00	0.00	0.00	0.00
5	2.13	100.00	150.00	31.86	31.86	7.21	-1.25	-91.69	425.57
6	4.25	100.00	150.00	31.86	31.86	22.30	-1.54	-283.42	1315.56

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	$w_1 = 0.20$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$w_2 = 0.30$$

$$w_3 = 0.40$$

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

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

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

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

Impostazioni avanzate

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma 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]	--	1.55	--	6.39	--
2	EQU - [1]	--	--	2.50	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	2.53
4	A1-M1 - [2]	--	1.55	--	5.93	--
5	EQU - [2]	--	--	2.56	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	2.13
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1.16	--	2.86	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1.10	--	2.70	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2.02	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.85	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.40
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.37
13	SLEQ - [1]	--	1.61	--	5.92	--
14	SLEF - [1]	--	1.61	--	5.80	--
15	SLER - [1]	--	1.60	--	5.62	--

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	561.8036	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.67	[m]	Y = -2.38	[m]
Inerzia del muro	18.2877	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-9.1438	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	58.1193	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-29.0597	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	98.54	[kN]
-------------------	-------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	387.3192	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	800.9002	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-48.4272	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	800.9002	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	387.3192	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.63	[m]
Risultante in fondazione	889.6389	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	25.81	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	507.9323	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2165.7809	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.50	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	3.3495	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.2802	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 16.46$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 13.27$
$N_\gamma = 56.17$	$N'_\gamma = 7.11$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.10

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 2.70

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	0.25	3.2188	1.4731	11.9205
3	0.49	6.6283	5.9478	24.1684
4	0.74	10.2284	13.5047	36.7280
5	0.98	14.0191	24.2219	49.5958
6	1.23	18.0006	38.1773	62.7717
7	1.47	22.1727	55.4487	76.2558
8	1.72	26.5354	76.1138	90.0479
9	1.96	31.0888	100.2506	104.1481
10	2.21	35.8329	127.9370	118.5564
11	2.45	40.7676	159.2506	133.2729
12	2.70	45.8930	194.2694	148.2975
13	2.94	51.2090	233.0712	163.6301
14	3.19	56.7157	275.7339	179.2709
15	3.43	62.4131	322.3352	195.2198
16	3.68	68.3011	372.9530	211.4768
17	3.92	74.3798	427.6652	228.0419
18	4.17	80.6491	486.5496	244.9151
19	4.41	87.1091	549.6841	262.0964
20	4.66	93.7598	617.1463	279.5858
21	4.90	100.6011	689.0113	297.3372

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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	0.10	1.5209	30.3072
3	0.20	6.0391	59.9455
4	0.30	13.4877	88.9149
5	0.40	23.7998	117.2153
6	0.50	36.9085	144.8469
7	0.60	52.7469	171.8096
8	0.70	71.2481	198.1033
9	0.80	92.3453	223.7282
10	0.90	115.9715	248.6841
11	1.00	142.0598	272.9712

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 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.26	-6.0276	-45.4292
3	0.52	-23.3176	-86.3017
4	0.78	-50.6807	-122.6176
5	1.04	-86.9275	-154.3768
6	1.30	-130.8689	-181.5794
7	1.57	-181.3156	-204.2253
8	1.83	-237.0781	-222.3146
9	2.09	-296.9673	-235.8473
10	2.35	-359.7940	-244.8232
11	2.61	-424.3687	-249.2426

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	0.25	100.00	42.45	21.24	21.24	933.84	-427.39	290.12	257.25	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO			<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3	0.49	100.00	44.90	21.24	21.24	411.50	-369.26	62.08	273.86	0.00
4	0.74	100.00	47.35	21.24	21.24	279.31	-368.78	27.31	290.46	0.00
5	0.98	100.00	49.80	21.24	21.24	219.66	-379.53	15.67	307.07	0.00
6	1.23	100.00	52.25	21.24	21.24	185.91	-394.29	10.33	323.67	0.00
7	1.47	100.00	54.70	21.24	21.24	164.33	-410.95	7.41	340.28	0.00
8	1.72	100.00	57.15	21.24	21.24	149.45	-428.67	5.63	356.89	0.00
9	1.96	100.00	59.60	21.24	21.24	138.63	-447.03	4.46	373.49	0.00
10	2.21	100.00	62.05	21.24	21.24	130.47	-465.82	3.64	390.10	0.00
11	2.45	100.00	64.50	21.24	21.24	124.13	-484.91	3.04	406.71	0.00
12	2.70	100.00	66.95	31.86	21.24	176.30	-746.31	3.84	423.31	0.00
13	2.94	100.00	69.40	31.86	21.24	170.40	-775.56	3.33	439.92	0.00
14	3.19	100.00	71.85	31.86	21.24	165.57	-804.97	2.92	456.52	0.00
15	3.43	100.00	74.30	31.86	21.24	161.59	-834.51	2.59	473.13	0.00
16	3.68	100.00	76.75	31.86	21.24	158.26	-864.17	2.32	489.74	0.00
17	3.92	100.00	79.20	31.86	21.24	155.47	-893.92	2.09	506.34	0.00
18	4.17	100.00	81.65	31.86	21.24	153.12	-923.75	1.90	522.95	0.00
19	4.41	100.00	84.10	31.86	21.24	151.12	-953.64	1.73	539.55	0.00
20	4.66	100.00	86.55	31.86	21.24	149.43	-983.60	1.59	556.16	0.00
21	4.90	100.00	88.99	31.86	21.24	147.99	-1013.60	1.47	572.77	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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
- 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)

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	579.58	0.00
2	0.10	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	429.30	579.58	0.00
3	0.20	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	108.12	579.58	0.00
4	0.30	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	48.41	579.58	0.00
5	0.40	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	27.43	579.58	0.00
6	0.50	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	17.69	579.58	0.00
7	0.60	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	12.38	579.58	0.00
8	0.70	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	9.16	579.58	0.00
9	0.80	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	7.07	579.58	0.00
10	0.90	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	5.63	579.58	0.00
11	1.00	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	4.60	579.58	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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)

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	579.58	0.00
2	0.26	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	108.33	579.58	0.00
3	0.52	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	28.00	579.58	0.00
4	0.78	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	12.88	579.58	0.00
5	1.04	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	7.51	579.58	0.00
6	1.30	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	4.99	579.58	0.00
7	1.57	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	3.60	579.58	0.00
8	1.83	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	2.75	579.58	0.00
9	2.09	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	2.20	579.58	0.00
10	2.35	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	1.81	579.58	0.00
11	2.61	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	1.54	579.58	0.00

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	242.8071	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	227.0722	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	85.9856	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3.10	[m]	Y = -3.23	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.74	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57.27	[°]		
Incremento sismico della spinta	47.8229	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3.10	[m]	Y = -3.23	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.52	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	561.8036	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.67	[m]	Y = -2.38	[m]

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROVV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inerzia del muro	18.2877	[kN]
Inerzia verticale del muro	-9.1438	[kN]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	58.1193	[kN]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-29.0597	[kN]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	98.54	[kN]
-------------------	-------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	446.7419	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	803.2970	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-37.5030	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1362.1567	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2514.3699	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	803.2970	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	446.7419	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.82	[m]
Risultante in fondazione	919.1651	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	29.08	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	655.1846	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.85
--	------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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]= -2.03 Y[m]= 4.57

Raggio del cerchio R[m]= 11.57

Ascissa a valle del cerchio X_i [m]= -9.60

Ascissa a monte del cerchio X_s [m]= 8.61

Larghezza della striscia dx[m]= 0.73

Coefficiente di sicurezza C= 1.37

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	ϕ	c	u
1	8362.09	62.60	7424.05	1.58	32.01	0.000	0.000
2	10013.67	55.70	8272.62	1.29	32.01	0.000	0.000
3	11300.69	49.72	8620.62	1.13	32.01	0.000	0.000
4	12350.95	44.40	8642.04	1.02	32.01	0.000	0.000
5	13228.92	39.54	8422.19	0.94	32.01	0.000	0.000

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6	13971.14	35.00	8014.33	0.89	32.01	0.000	0.000
7	14600.67	30.71	7455.77	0.85	32.01	0.000	0.000
8	15323.63	26.59	6859.97	0.81	32.01	0.000	0.000
9	16014.75	22.63	6161.05	0.79	32.01	0.000	0.000
10	16382.78	18.77	5271.27	0.77	32.01	0.000	0.000
11	16678.41	15.00	4316.51	0.75	32.01	0.000	0.000
12	16796.12	11.30	3289.75	0.74	32.01	0.000	0.000
13	6984.75	7.64	928.42	0.73	32.01	0.000	0.000
14	4019.96	4.01	281.32	0.73	32.01	0.000	0.000
15	3733.80	0.40	26.29	0.73	32.01	0.000	0.000
16	3710.00	-3.20	-207.38	0.73	32.01	0.000	0.000
17	3624.55	-6.83	-430.73	0.73	32.01	0.000	0.000
18	3476.41	-10.47	-631.94	0.74	32.01	0.000	0.000
19	3263.72	-14.17	-798.71	0.75	32.01	0.000	0.000
20	2983.67	-17.92	-917.99	0.77	32.01	0.000	0.000
21	2632.28	-21.75	-975.59	0.78	32.01	0.000	0.000
22	2204.13	-25.70	-955.68	0.81	32.01	0.000	0.000
23	1691.83	-29.77	-840.08	0.84	32.01	0.000	0.000
24	1085.18	-34.02	-607.20	0.88	32.01	0.000	0.000
25	369.85	-38.50	-230.25	0.93	32.01	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 2008.4725$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 758.9552$ [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1255.3526$ [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.59$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<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	0.25	2.4760	3.2188	0.6312	1.7525	5.0808	14.2555
3	0.49	5.0987	6.6283	2.5762	7.0822	10.4694	28.9452
4	0.74	7.8680	10.2284	5.9123	16.0951	16.1658	44.0479
5	0.98	10.7840	14.0191	10.7166	28.8931	22.1699	59.5586
6	1.23	13.8466	18.0006	17.0664	45.5779	28.4818	75.4773
7	1.47	17.0559	22.1727	25.0389	66.2513	35.1014	91.8040
8	1.72	20.4119	26.5354	34.7113	91.0152	42.0288	108.5386
9	1.96	23.9145	31.0888	46.1608	119.9712	49.2640	125.6813
10	2.21	27.5638	35.8329	59.4646	153.2211	56.8070	143.2319
11	2.45	31.3597	40.7676	74.6999	190.8667	64.6576	161.1905
12	2.70	35.3023	45.8930	91.9439	233.0097	72.8161	179.5571
13	2.94	39.3916	51.2090	111.2739	279.7520	81.2823	198.3317
14	3.19	43.6275	56.7157	132.7670	331.1952	90.0563	217.5143
15	3.43	48.0101	62.4131	156.5005	387.4412	99.1381	237.1048
16	3.68	52.5393	68.3011	182.5516	448.5917	108.5276	257.1033
17	3.92	57.2152	74.3798	210.9975	514.7485	118.2249	277.5098
18	4.17	62.0378	80.6491	241.9153	586.0132	128.2299	298.3243
19	4.41	67.0070	87.1091	275.3824	662.4878	138.5427	319.5468
20	4.66	72.1229	93.7598	311.4759	744.2739	149.1633	341.1772
21	4.90	77.3855	100.6011	350.2697	831.4693	160.0424	363.1528

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

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	0.10	0.8056	1.8312	16.0511	36.4810
3	0.20	3.1980	7.2675	31.7351	72.1007
4	0.30	7.1404	16.2227	47.0518	106.8593
5	0.40	12.5961	28.6106	62.0013	140.7566
6	0.50	19.5284	44.3453	76.5836	173.7926
7	0.60	27.9006	63.3404	90.7987	205.9675
8	0.70	37.6759	85.5101	104.6466	237.2811
9	0.80	48.8177	110.7680	118.1273	267.7335
10	0.90	61.2891	139.0280	131.2408	297.3246
11	1.00	75.0536	170.2042	143.9871	326.0546

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	0.26	-7.1579	-2.9073	-54.7009	-21.9811
3	0.52	-28.1500	-11.3189	-105.1729	-42.1782
4	0.78	-61.5439	-24.7691	-149.7342	-60.0688
5	1.04	-105.7971	-42.6783	-188.3850	-75.0888
6	1.30	-159.3667	-63.9646	-221.1252	-87.6075
7	1.57	-220.7102	-88.1918	-247.9548	-97.6247

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8	1.83	-288.2849	-114.7071	-268.8738	-105.1405
9	2.09	-360.5481	-142.8575	-283.8822	-110.1549
10	2.35	-435.9571	-171.9903	-292.9800	-112.6678
11	2.61	-512.9694	-201.4525	-296.1672	-112.6794

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	0.25	100.00	42.45	21.24	21.24	875.88	-419.21	272.11	257.25	0.00
3	0.49	100.00	44.90	21.24	21.24	389.26	-365.39	58.73	273.86	0.00
4	0.74	100.00	47.35	21.24	21.24	265.02	-366.13	25.91	290.46	0.00
5	0.98	100.00	49.80	21.24	21.24	208.69	-377.36	14.89	307.07	0.00
6	1.23	100.00	52.25	21.24	21.24	176.72	-392.38	9.82	323.67	0.00
7	1.47	100.00	54.70	21.24	21.24	156.26	-409.18	7.05	340.28	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8	1.72	100.00	57.15	21.24	21.24	142.13	-426.98	5.36	356.89	0.00
9	1.96	100.00	59.60	21.24	21.24	131.85	-445.38	4.24	373.49	0.00
10	2.21	100.00	62.05	21.24	21.24	124.08	-464.20	3.46	390.10	0.00
11	2.45	100.00	64.50	21.24	21.24	118.05	-483.29	2.90	406.71	0.00
12	2.70	100.00	66.95	31.86	21.24	167.68	-744.08	3.65	423.31	0.00
13	2.94	100.00	69.40	31.86	21.24	162.05	-773.30	3.16	439.92	0.00
14	3.19	100.00	71.85	31.86	21.24	157.44	-802.68	2.78	456.52	0.00
15	3.43	100.00	74.30	31.86	21.24	153.62	-832.18	2.46	473.13	0.00
16	3.68	100.00	76.75	31.86	21.24	150.44	-861.80	2.20	489.74	0.00
17	3.92	100.00	79.20	31.86	21.24	147.76	-891.49	1.99	506.34	0.00
18	4.17	100.00	81.65	31.86	21.24	145.50	-921.27	1.80	522.95	0.00
19	4.41	100.00	84.10	31.86	21.24	143.58	-951.11	1.65	539.55	0.00
20	4.66	100.00	86.55	31.86	21.24	141.95	-981.00	1.51	556.16	0.00
21	4.90	100.00	88.99	31.86	21.24	140.56	-1010.94	1.40	572.77	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	0.25	100.00	42.45	21.24	21.24	0.60	0.37	14.69	-6.20
3	0.49	100.00	44.90	21.24	21.24	2.14	0.69	64.51	-21.34
4	0.74	100.00	47.35	21.24	21.24	4.37	0.99	143.97	-43.60
5	0.98	100.00	49.80	21.24	21.24	7.13	1.26	248.63	-71.64
6	1.23	100.00	52.25	21.24	21.24	10.29	1.51	375.01	-104.41
7	1.47	100.00	54.70	21.24	21.24	13.75	1.74	520.33	-141.08
8	1.72	100.00	57.15	21.24	21.24	17.45	1.96	682.37	-180.99
9	1.96	100.00	59.60	21.24	21.24	21.33	2.16	859.31	-223.60
10	2.21	100.00	62.05	21.24	21.24	25.35	2.35	1049.66	-268.48
11	2.45	100.00	64.50	21.24	21.24	29.49	2.53	1252.16	-315.26
12	2.70	100.00	66.95	31.86	21.24	29.33	2.70	993.65	-336.64
13	2.94	100.00	69.40	31.86	21.24	33.04	2.86	1145.20	-381.87
14	3.19	100.00	71.85	31.86	21.24	36.80	3.01	1303.15	-428.04

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

15	3.43	100.00	74.30	31.86	21.24	40.59	3.16	1467.07	-474.99
16	3.68	100.00	76.75	31.86	21.24	44.40	3.30	1636.59	-522.61
17	3.92	100.00	79.20	31.86	21.24	48.23	3.44	1811.39	-570.79
18	4.17	100.00	81.65	31.86	21.24	52.08	3.57	1991.20	-619.45
19	4.41	100.00	84.10	31.86	21.24	55.93	3.69	2175.77	-668.53
20	4.66	100.00	86.55	31.86	21.24	59.79	3.81	2364.88	-717.96
21	4.90	100.00	88.99	31.86	21.24	63.65	3.93	2558.34	-767.69

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	90.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	579.58	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA0000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2	0.10	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	409.62	579.58	0.00
3	0.20	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	103.11	579.58	0.00
4	0.30	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	46.14	579.58	0.00
5	0.40	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	26.13	579.58	0.00
6	0.50	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	16.84	579.58	0.00
7	0.60	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	11.78	579.58	0.00
8	0.70	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	8.71	579.58	0.00
9	0.80	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	6.72	579.58	0.00
10	0.90	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	5.35	579.58	0.00
11	1.00	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	652.94	4.36	579.58	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0.00	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.10	100.00	90.00	21.24	21.24	0.13	0.33	7.00	-1.45
14	0.20	100.00	90.00	21.24	21.24	0.51	0.65	27.89	-5.78
15	0.30	100.00	90.00	21.24	21.24	1.14	0.97	62.53	-12.96
16	0.40	100.00	90.00	21.24	21.24	2.03	1.28	110.76	-22.96
17	0.50	100.00	90.00	21.24	21.24	3.15	1.59	172.43	-35.74
18	0.60	100.00	90.00	21.24	21.24	4.53	1.90	247.39	-51.28
19	0.70	100.00	90.00	21.24	21.24	6.14	2.20	335.48	-69.54
20	0.80	100.00	90.00	21.24	21.24	7.99	2.50	436.56	-90.50
21	0.90	100.00	90.00	21.24	21.24	10.07	2.80	550.47	-114.11
22	1.00	100.00	90.00	21.24	21.24	12.38	3.09	677.06	-140.35

Fondazione di monte

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

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
ASSE 1-2 – OPERE DI SOSTEGNO PROV. E DEF. – RELAZIONE DI CALCOLO		<i>Codice documento</i> CG0700PCLDCCD1CVA00000001F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	0.00	1000.00	579.58	0.00
2	0.26	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	108.33	579.58	0.00
3	0.52	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	28.00	579.58	0.00
4	0.78	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	12.88	579.58	0.00
5	1.04	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	7.51	579.58	0.00
6	1.30	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	4.99	579.58	0.00
7	1.57	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	3.60	579.58	0.00
8	1.83	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	2.75	579.58	0.00
9	2.09	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	2.20	579.58	0.00
10	2.35	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	1.81	579.58	0.00
11	2.61	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	-652.94	1.54	579.58	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
12	0.00	100.00	90.00	21.24	21.24	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.26	100.00	90.00	21.24	21.24	0.32	-0.31	-3.67	17.72
14	0.52	100.00	90.00	21.24	21.24	1.26	-0.60	-14.32	69.07
15	0.78	100.00	90.00	21.24	21.24	2.77	-0.86	-31.38	151.36
16	1.04	100.00	90.00	21.24	21.24	4.79	-1.10	-54.29	261.88
17	1.30	100.00	90.00	21.24	21.24	7.28	-1.32	-82.49	397.92
18	1.57	100.00	90.00	21.24	21.24	10.18	-1.51	-115.42	556.80
19	1.83	100.00	90.00	21.24	21.24	13.46	-1.68	-152.52	735.79
20	2.09	100.00	90.00	21.24	21.24	17.05	-1.82	-193.24	932.21
21	2.35	100.00	90.00	21.24	21.24	20.91	-1.94	-237.01	1143.34
22	2.61	100.00	90.00	21.24	21.24	24.99	-2.04	-283.26	1366.49